

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут аерокосмічних технологій

Кафедра авіа- та ракетобудування

«На правах рукопису»
УДК 629.735.33

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

_____ Володимир КАБАНЯЧИЙ

«__» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Літаки і вертольоти»

зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

на тему: «Фюзеляж пасажирського літака»

Виконав:

студент VI курсу, групи АЛ-з91мп
Вихор Артем Сергійович

Керівник:

Професор, д.т.н., професор кафедри
Сухов Віталій Вікторович

Консультант :

Рецензент:

Доцент, к.т.н., доцент кафедри
Сердюк Анатолій Анатолійович

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут аерокосмічних технологій
Кафедра авіа- та ракетобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – **134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»**

Освітньо-професійна програма «Літаки і вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Володимир КАБАНЯЧИЙ

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Вихору Артему Сергійовичу

1. Тема дисертації «Фюзеляж пасажирського літака», науковий керівник дисертації Сухов Віталій Вікторович, д.т.н., професор, затверджені наказом по університету від « 02 » грудня 2020 р. № 3436-с
2. Термін подання студентом дисертації ___ 10 грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження Фюзеляж літака
4. Вихідні дані
 - 4.1. Відхилення відсіків по контуру – 0,1 мм.
 - 4.2. Відхилення фактичної будівельної вісі від теоретичної – 0,05 мм.
 - 4.3. Зміщення контурів відсіків по стику – до 0,5 мм.
 - 4.4. Очікуване зменшення трудомісткості стикувальних робіт – 30%.
 - 4.5 Очікуване зменшення циклу виробництва – 30-40 %.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити
 - 5.1. Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків (фюзеляжів), та їх порівняльний аналіз.
 - 5.2. Пошук і аналіз технологій «безстапельного» складання сучасних авіаційних конструкцій.
 - 5.3. Обґрунтування вибору методу складання.
 - 5.4. Розробка схеми складання і ув'язки.
 - 5.5. Підбір засобів технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей.
 - 5.6. Вибір і обґрунтування концепції стикувального оснащення для складання фюзеляжу.
 - 5.7. Розробка нової технології складання фюзеляжу.
 - 5.8. Оформлення технологічного процесу.
 - 5.9. Розробка стартап-проекту.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

6.1. Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків.

6.2. Концепція «безстапельного» складання агрегатів.

6.3. Схема складання і ув'язки.

6.4. Перехід на «безстапельне» складання в умовах вітчизняного виробництва.

6.5. Стикувальне оснащення для складання фюзеляжу.

6.6. «Безстапельна» технологія складання фюзеляжу на прикладі літака Ан-148.

7. Орієнтовний перелік публікацій

7.1. Стаття у фаховому виданні.

7.2. Доповідь на науково-технічній конференції з публікацією тез.

8. Дата видачі завдання 01.10. 2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків (фюзеляжів), та їх порівняльний аналіз.	до 29.11.2019 р.	
2.	Пошук і аналіз технологій «безстапельного» складання сучасних авіаційних конструкцій.	до 01.02.2020 р.	
3.	Обґрунтування вибору методу складання.	до 20.03.2020 р.	
4.	Розробка схеми складання і ув'язки.	до 01.07.2020 р.	
5.	Підбір засобів технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей.	до 30.09.2020 р.	
6.	Вибір і обґрунтування концепції стикувального оснащення для складання фюзеляжу.	до 31.10.2020 р.	
7.	Розробка нової технології складання фюзеляжу.	до 20.11.2020 р.	
8.	Оформлення технологічного процесу.	до 30.11.2020 р.	
9.	Розробка стартап-проекту.	до 07.12.2020 р.	
10.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу.	до 10.12.2020 р.	
11.	Перевірка на плагіат.	до 10.12.2020 р.	

Студент

Артем Вихор

Науковий керівник

Віталій Сухов

Реферат

Магістерська дисертація: "Фюзеляж пасажирського літака", 99 сторінок, 62 рисунка, 14 таблиць, 18 посилань.

Актуальність: впровадження прогресивних технологічних процесів змінило методологію технологічної підготовки виробництва і призвело до необхідності технічного переозброєння виробництва. На жаль, на вітчизняних підприємствах досі використовуються застарілі технології, тому, виходячи з цього фактору, було прийнято рішення запровадити технологію безстапельного складання.

Мета роботи: розробка та впровадження сучасної технології безстапельного складання фюзеляжів пасажирських літаків.

Об'єкт дослідження: Фюзеляж пасажирського літака.

Вихідні дані: Відхилення відсіків по контуру – 0,1 мм, відхилення фактичної будівельної вісі від теоретичної – 0,05 мм, зміщення контурів відсіків по стику – до 0,5 мм, очікуване зменшення трудомісткості стикувальних робіт – 30%, очікуване зменшення циклу виробництва – 30-40 %.

Методи дослідження: Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків (фюзеляжів) та їх порівняльний аналіз, пошук і аналіз технологій «безстапельного складання» сучасних авіаційних конструкцій, розробка схеми складання і ув'язки, підбір засобів технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей, вибір і обґрунтування концепції стикувального оснащення для складання фюзеляжу, розробка нової технології складання фюзеляжу.

Практичне значення одержаних результатів: використання розробленої технології з застосуванням автоматизованого обладнання для складання фюзеляжу вітчизняного літака Ан-148 на потужностях державних авіаційних виробничих підприємств.

Апробація результатів дисертації: науково-практична конференція студентів та молодих вчених "Авіа-ракетобудування: Перспективи та напрямки розвитку".

Ключові слова: фюзеляж, відсіки, агрегат, автоматизація, технологія, технологічність, складання, стикування, стенд, клепальний автомат, базування, лазерно-вимірювальні системи, робот-маніпулятор.

Abstract

Master's thesis: "Passenger aircraft fuselage", 99 pages, 62 figures, 14 tables, 18 references.

Topicality: the introduction of advanced technological processes changed the methodology of technological preparation of production and led to the need for technical re-equipment of production. Unfortunately, outdated technologies are still used in domestic enterprises, so based on this factor, it was decided to introduce the technology of stapleless assembly.

The purpose of the work: development and implementation of modern technology of stapleless assembly of fuselages of passenger aircraft.

Object of study: Passenger aircraft fuselage.

Output data: Deviation of compartments on a contour - 0,1 mm, deviation of an actual building axis from theoretical - 0,05 mm, shift of contours of compartments on a joint - to 0,5 mm, expected reduction of complexity of joining works - 30%, expected reduction of a production cycle - 30- 40%.

Research methods: Review of existing technologies of assembly of aircraft units (fuselages) and their comparative analysis, search and analysis of technologies of "stapleless assembly" of modern aircraft structures, development of assembly and connection scheme, selection of technological equipment for introduction of new fuselage assembly technology using digital models of parts, selection and substantiation of the concept of docking equipment for fuselage assembly, development of a new fuselage assembly technology.

Practical significance of the obtained results: use of the developed technology with the use of automated equipment for assembling the fuselage of the domestic An-148 aircraft at the facilities of state aviation production enterprises.

Approbation of dissertation results: scientific-practical conference of students and young scientists "Air-rocket building: Prospects and directions of development".

Keywords: fuselage, compartments, unit, automation, technology, manufacturability, assembly, docking, stand, riveting machine, base, laser measuring systems, robot manipulator.

Зміст

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів.....	10
Вступ.....	13
1. Аналітичні дослідження.....	16
1.1. Огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків (фюзеляжів) та їх порівняльний аналіз.....	16
1.2. Пошук і аналіз технологій «безстапельного складання» сучасних авіаційних конструкцій.....	24
1.3. Формування мети та основних задач дисертації.....	30
Висновки до розділу.....	31
2. Технологічна підготовка.....	32
2.1. Обґрунтування вибору методу складання.....	32
2.2. Розробка схеми складання і ув'язки.....	41
2.3. Підбір засобів технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей.....	53
2.4. Вибір і обґрунтування концепції стикувального оснащення для складання фюзеляжу.....	60
Висновки до розділу.....	70
3. Технологічна частина.....	71
3.1. Розробка нової технології складання фюзеляжу.....	71
3.2. Оформлення технологічного процесу.....	78
Висновки до розділу.....	81

					АЛЗмп9101.10.01.00.00 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					
Розроб.		Вихор А.С.			Фюзеляж пасажирського літака			Літ.	Аркуш
Перевір.		Сухов В.В.							8
Т. контр.									99
Н. контр.		Поваров С.А.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АРБ гр. АЛ-391мп	
Затв.		Кабанячий В.В.							

4. Розробка стартап-проекту	82
4.1. Опис ідеї проекту.....	82
4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	84
4.3. Очікувана ефективність стартап-проекту.....	92
Висновки до розділу.....	93
ВИСНОВКИ.....	94
Список використаних джерел.....	98

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ, СКОРОЧЕННЯ

З метою повного та однозначного опису основних положень цієї дисертації, в ній використані відомі, встановлені діючими нормативними документами, а також інші терміни і відповідні їм визначення:

Базування при складанні (базування): забезпечення заданого положення СЧ щодо відповідної складальної бази при складанні СО.

Геометричні параметри СО: геометричні розміри і форма відповідних СЧ, що входять в конструкцію СО.

Якісний критерій виробничої технологічності: вимога до основних елементів конструкції СО, що визначає забезпечення її технологічності в цілому.

Контроль складальної оснастки для складання СО: перевірка відповідності розмірів і форм базових елементів складальної оснастки заданим відповідними компонентами ПЕО СО.

Метод збирання: сукупність взаємопов'язаних рішень, що регламентують способи базування, види складальних баз, послідовність установки СЧ при складанні СО.

Метод ув'язки: метод узгодження геометричних параметрів базових поверхонь СЧ і технологічної оснастки для складання СО.

Оцінювання виробничої технологічності СО: перевірка відповідності спроектованої СО умов їх технологічності, відповідно. Оцінювання технологічності закінчується її оцінкою.

Першоджерело інформації: носій значень геометричних параметрів СЧ і технологічної оснастки для монтажу і контролю відповідної складальної оснастки, застосовуваний для виготовлення першоджерела ув'язки. Основні види першоджерел інформації: МПЕО, майстер-геометрія та ін.

Першоджерело ув'язки: первинний носій пов'язаних значень геометричних параметрів СЧ і технологічної оснастки для монтажу і

контролю відповідної складальної оснастки. Основні види першоджерел ув'язки: креслення, плаз, еталон, програма.

Підскладання СО, підскладання: СЧ, що збирається окремо і виділена технологом штучно з метою скорочення циклу складання СО в цілому.

Складання СО: комплекс робіт щодо базування, закріплення та виконанню підключень СЧ при складанні СО.

Спосіб базування: базування деталей та СО в процесі складання СО, що характеризується певним складом складальних баз.

Засоби технологічного оснащення для складання СО (СТО збірки СО): сукупність обладнання, механізованого і ріжучого інструменту, технологічного оснащення, що застосовуються при складанні СО.

Засіб ув'язки: засіб перенесення пов'язаних значень геометричних параметрів СЧ з першоджерела ув'язки на технологічне оснащення для монтажу і контролю складальної оснастки. Основні види засобів ув'язки: інструментальні засоби, шаблони, макети.

Схема складання і ув'язки СО: графічне зображення (у вигляді умовних позначень) послідовності установки СЧ при складанні СО, з зазначенням першоджерел, засобів ув'язки і погоджує геометричних параметрів базових поверхонь СЧ, що входять в конструкції СО.

Точність ув'язки: ступінь відповідності величини відхилень фактичного аеродинамічного контуру СО (представленої у вигляді панелі, секції, відсіку, агрегату), який виходить при використанні відповідного методу ув'язування від теоретичного.

Ув'язка: узгодження геометричних параметрів базових поверхонь СЧ і складальної оснастки.

У цьому Проекті використані такі скорочення:

БГЛ – будівельна горизонталь літака

ПЛ – пасажирський літак

ДП – державне підприємство

КД - конструкторська документація

КП - керуюча програма

КТП – конструктивно-технологічні параметри

КТЧ – конструктивно-технологічне членування

ЛА - літальний апарат

ЛЦВС - лазерні центруючі вимірювальні системи

НД - нормативні документи

ПРИМ - програмно - інструментальний метод

ПСЛ – площа симетрії літака

СО - складальна одиниця

СП - складальне пристосування

ЗТО - засоби технологічного оснащення

СЧ - складова частина

ТП - технологічний процес

ЧПУ - числове програмне управління

ЕМ - електронна модель

ВСТУП

В даній дисертації магістра (далі - проект) розглянуті питання, пов'язані з впровадженням нової сучасної технології безстапельного складання агрегатів літаків, а саме фюзеляжу, на вітчизняних авіабудівних підприємствах.

Сучасний період розвитку авіаційної техніки характерний значним прискоренням темпів принципів змін і удосконалень конструкцій літальних апаратів, використанням високоефективних двигунів, різноманітних композиційних матеріалів і нового електронного бортового обладнання, тому створення літаків нового покоління (як військових, так і цивільних) ведеться із застосуванням сучасних методів автоматизованого тривимірного комп'ютерного проектування, прогресивних технологічних процесів, високотехнологічного обладнання.

Основні принципи сучасного складального виробництва:

- застосовується безплазове виробництво;
- застосовується безстапельне складання;
- застосовуються новітні високошвидкісні верстати з числовим програмним управлінням (ВЧПУ);
- ведеться автоматизоване проектування оснащення та технологічної документації;
- проводиться перепідготовка та підвищення кваліфікації інженерного складу, майстрів, обслуговуючого персоналу ВЧПУ і робітників-складальників.

Суть такого підходу полягає в попередньому моделюванні планованих процесів з виготовлення та складання окремих вузлів і агрегатів літака, що дозволяє оптимізувати технологічний процес. У виробництво від розробника вперше передаються не креслення, а електронні моделі складань, вузлів, деталей. Основною перевагою даного підходу є підвищення якості робіт, скорочення термінів і собівартості виробу.

Електронні моделі оснастки і технологічних процесів дають можливість реалізувати програмне забезпечення на всіх етапах виробництва, включаючи складання та контроль геометричних параметрів. Такий підхід дає можливість виконання більш точної і якісної ув'язки конструкції (похибки до 0,003 мм) і дозволяє вести відпрацювання конструктивних змін не на реальній конструкції, а на «віртуальній».

Актуальність роботи: впровадження прогресивних технологічних процесів змінило методологію технологічної підготовки виробництва і призвело до необхідності технічного переозброєння виробництва.

На жаль, на вітчизняних підприємствах досі використовуються застарілі технології, тому, виходячи з цього фактору, було прийнято рішення запровадити технологію безстапельного складання.

Мета роботи: проект покликаний показати рівень даних рішень по перспективних літаках для їх можливого впровадження і використання на українських авіаційних підприємствах. При цьому фінансування програми з боку держави прискорить цей процес.

Задачі дослідження:

1. Аналіз та огляд сучасних технологій при складанні агрегатів літаків.
2. Впровадження технології безстапельного складання та стикування фюзеляжу пасажирського літака на вітчизняному підприємстві.
3. Оцінка параметрів економічної ефективності технологічного переоснащення вітчизняного підприємства та розробка стартап-проекту.

Об'єкт дослідження: Фюзеляж пасажирського літака.

Вихідні дані: Відхилення відсіків по контуру – 0,1 мм, відхилення фактичної будівельної вісі від теоретичної – 0,05 мм, зміщення контурів відсіків по стику – до 0,5 мм, очікуване зменшення трудомісткості стикувальних робіт – 30%, очікуване зменшення циклу виробництва – 30-40 %.

Практичне значення отриманих результатів: використання розробленої технології з застосуванням автоматизованого обладнання для складання фюзеляжу вітчизняного літака Ан-148 на потужностях державних авіаційних виробничих підприємств.

1 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 ОГЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ СКЛАДАННЯ АГРЕГАТИВ ЛІТАКІВ (ФЮЗЕЛЯЖІВ)

На даний момент існують різні технології та способи складання агрегатів літаків. В сучасній авіаційній практиці широко використовуються новітні технології, при складанні агрегатів та вузлів різних габаритів, маси і т.д. Однак на вітчизняних авіабудівних підприємствах, досі використовується технологія і обладнання ще радянських часів, яке за своєю сукупністю являється вже давно застарілим та досить сильно програє в циклі складання, якості та інших факторах.

Одним із таких способів є спосіб складання в крупному складальному пристосуванні – стапелі (рис.1.1.1). Історія складання літаків за допомогою стапелів бере свій початок ще на початку 20 століття, і зараз використовується для складання деяких літаків, які, як правило, не мають крупносерійного виробництва і не відповідають сучасним критеріям по якості від авіаційних регулюючих органів. Але в українському авіабудівництві та в країнах СНД досі використовують цю технологію, яка являється дуже трудомісткою та не відповідає високим вимогам до якості готової конструкції.

Складальною базою при цьому способі базування є робочі поверхні рубильників стапеля, які називають ложементами і які копіюють теоретичний контур зовнішньої обшивки агрегату або відсіку (рис.1.1.2).

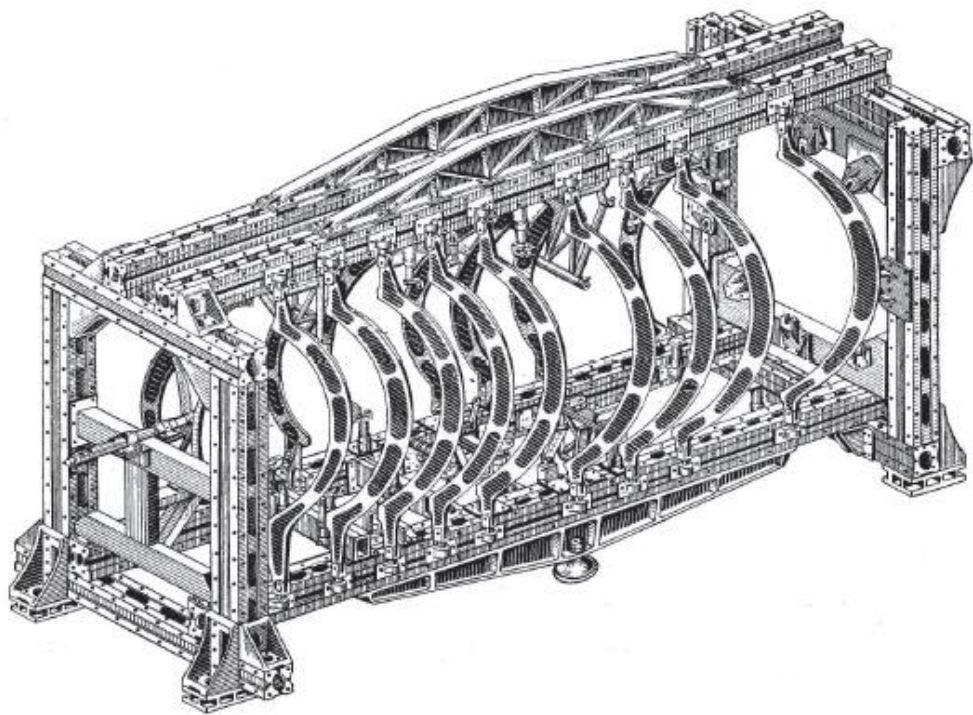


Рисунок 1.1.1 – Стапель для складання відсіку фюзеляжу

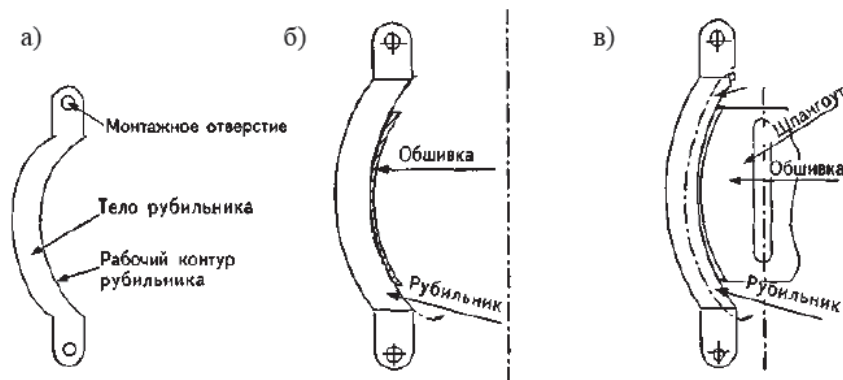


Рисунок 1.1.2 – Ложемент рубильника, як складальна база

Точність складання зовнішнього контуру агрегата складає 0,4...0,5 мм. При цьому похибка складання визначається точністю виготовлення ложементу рубильника і точністю установки рубильника в стапелі. Ніякі інші похибки (похибки обшивки, деформування елементів, температурні похибки) не впливатимуть на точність складання зовнішнього контуру. При складанні

фюзеляжу з способом по поверхні каркасу точність лежить в межах від 2,0...2,5 мм.

Базування по складальним і базовим отворах застосовується для складання великогабаритних агрегатів і літаків. Виготовлення стапелів для складання великогабаритних агрегатів пов'язане з великими витратами матеріалу на стапель, складністю монтажу стапеля і габаритами рубильників.

Базування по БО стапеля дозволяє заощадити матеріал, створюючи рубильник, наприклад, не цілком, а ділянками, без шкоди точності складання. При цьому форма базових елементів стапеля (наприклад: упорів стапеля, базових пластин, тримачів, базових отворів БО і СО) практично не залежить від форми елементів виробу. В цьому випадку стапель отримують без рубильників, «спрощеної» конструкції (рис 1.1.3).

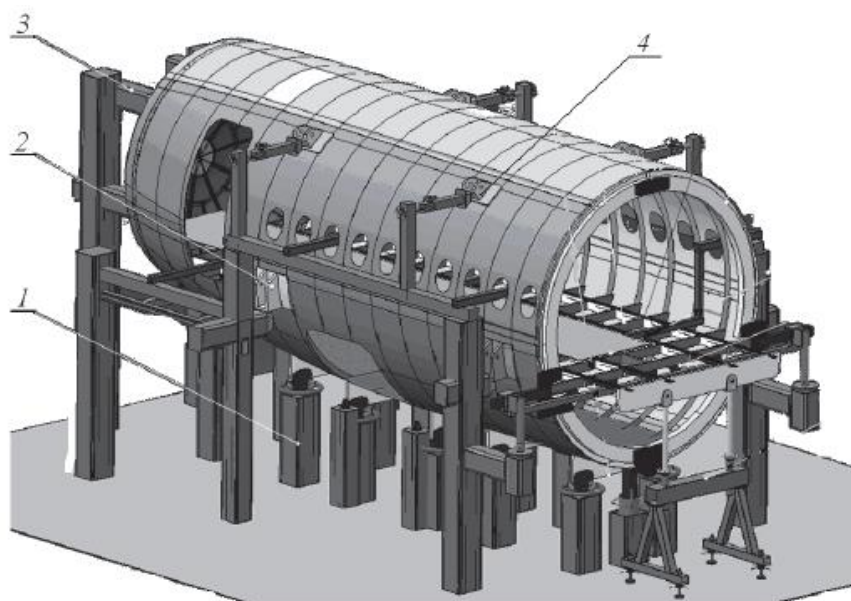


Рисунок 1.1.3 – Стапель спрощеної конструкції:

1 – стійки; 2 – такелажний вузол; 3 – кронштейни; 4 – базові пластини з БО.



Рисунок 1.1.4 – Складання фюзеляжу Ан-148 в стапелі спрощеної конструкції

Точність складання при такому способі базування лежить в межах 0,6...1,0 мм.

Процес стикування секцій і агрегатів відрізняється від складання. В цьому випадку мають справу з уже готовими агрегатами і відсіками великої маси, які повинні бути зістиковані між собою з певною точністю, що задається технічними умовами.

Питанням стикування агрегатів приділяється особлива увага, забезпечити взаємозамінність по стиках і роз'ємах агрегатів - досить складне завдання.

Процес стикування поділяють на кілька етапів:

- 1) Переміщення агрегатів до місця стикування. Для цієї мети використовують або цехові підйомно-транспортні засоби (кран-балки, мостові крани), або спеціальні візки.

- 2) Попередня орієнтація агрегатів, які стикуються відносно один одного. Мета цього етапу – виставити базовий агрегат в лінію польоту (тобто орієнтувати щодо вертикальної і горизонтальної площин), а агрегат, який базується, відносно базового. Застосовують нівеліри, теодоліти, лазерні пристрої.
- 3) Сполучення контурів стику агрегатів які стикуються. При цьому агрегат переміщається в напрямку базового агрегату аж до поєднання поверхонь, що сполучаються, стиків обох агрегатів. У цьому положенні агрегати фіксуються.
- 4) Установка з'єднувальних елементів по контуру стику (стикових болтів, гвинтів, пальців).

На зарубіжних авіаційних виробничих підприємствах застосовується кардинально інший підхід в технологіях складання агрегатів літаків. Основною відмінністю являється застосування сучасних технологій та обладнання для максимальної автоматизації виробничої лінії. Це дозволяє суттєво знизити цикл виготовлення літаків та досягти крупносерійного виробництва.

При складанні агрегатів застосовується так звана безстапельна технологія складання та стикування агрегатів з використанням стендів та складального обладнання автоматизованого типу в вигляді роботів та ін. (рис 1.1.5). Для базування СЧ при складанні використовується високоточне обладнання в вигляді лазерних трекерів та теодолітів (рис 1.1.6).

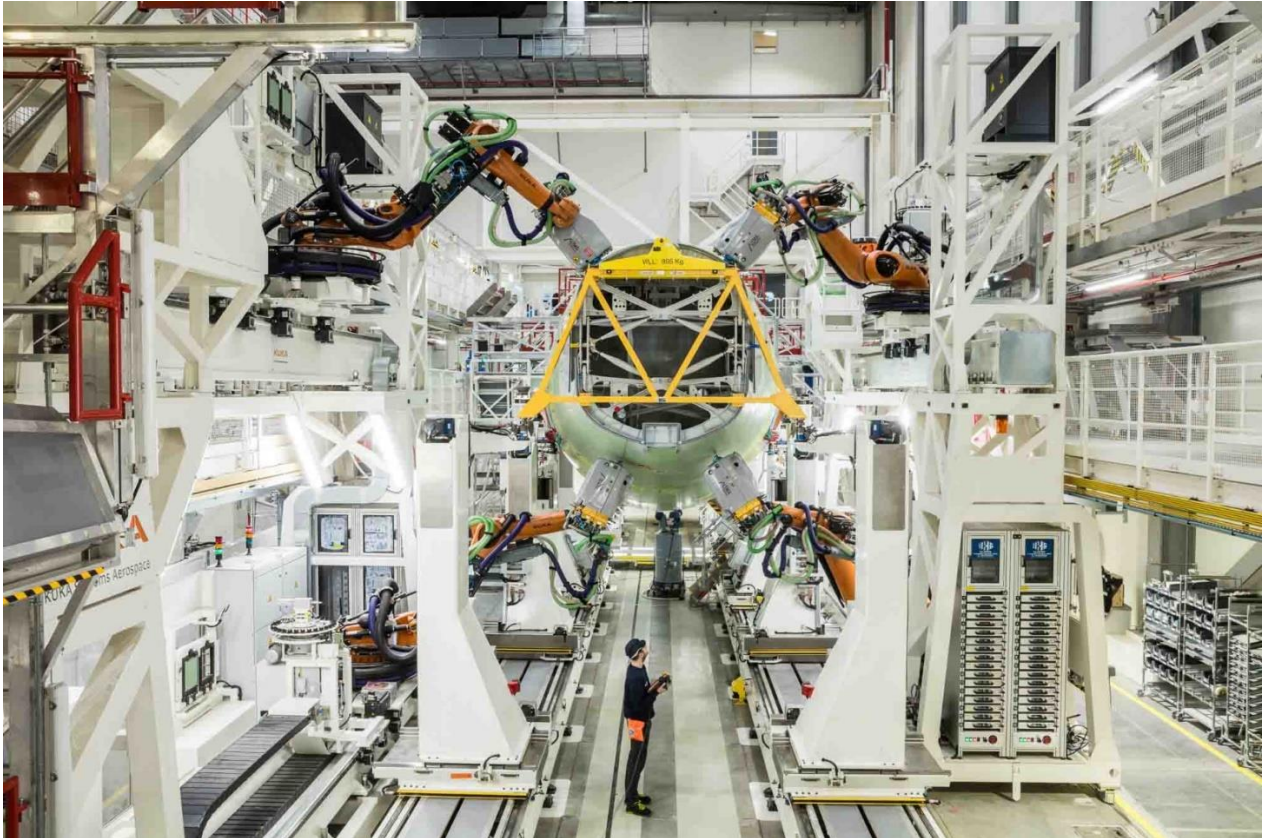


Рисунок 1.1.5 – Автоматизована лінія складання фюзеляжу з роботизованими установками, для виконання з'єднувальних операцій



Рисунок 1.1.6 – Лазерний трекер фірми Leica

В останній час з'являється тенденція до використання мобільних роботизованих платформ (рис. 1.1.7), які інтегруються з системою координат літака і дозволяють із високою точністю розміщувати отвори, свердлити їх та ставити кріпильні елементи в вигляді болтів, болт-заклепок або заклепок.



Рисунок 1.1.7 – Мобільна роботизована платформа при складанні фюзеляжу

Роботи в деякій мірі можуть замінити ручне клепання та виконання болтових з'єднань, базуючись на основі 3D моделей деталей та агрегатів (рис. 1.1.8).



Рисунок 1.1.8 – Роботи виконують з'єднання в зоні стику відсіків фюзеляжу

Вітчизняні авіаційні підприємства в значній мірі відстають по технологічному оснащенню від зарубіжних і єдиним рішенням, яке дозволить зберегти виробництво сучасних літаків, є перехід до нових сучасних технологій складання і стикування з використанням високотехнологічного обладнання.

1.2 ПОШУК І АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ «БЕЗСТАПЕЛЬНОГО СКЛАДАННЯ» СУЧАСНИХ АВІАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ

На провідних авіабудівних підприємствах світу вже давно широко використовується високотехнологічне обладнання та сучасні методи складання і стикування агрегатів авіаційних конструкцій: консолі крил, оперення, фюзеляж, тощо.

Одним із таких сучасних методів складання, а саме фюзеляжу, являється так звана «безстапельна» технологія складання, яка базується на використанні CAD/CAM/CAE систем, з яких, в якості бази для визначення положення агрегату в просторі цеху, використовуються 3D моделі деталей, агрегатів, вузлів, теоретичних поверхонь літака та ін (рис. 1.2.1).

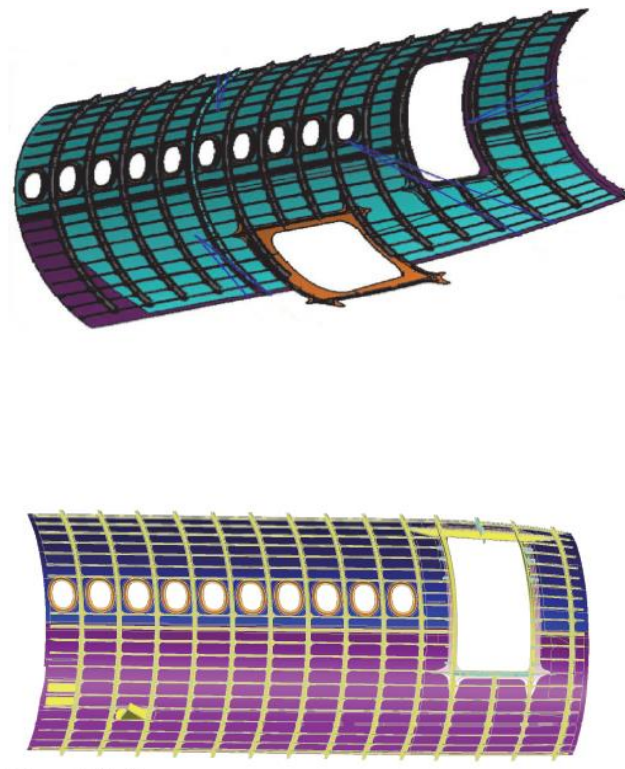


Рисунок 1.2.1 – Електронні моделі віконних секцій фюзеляжу пасажирського літака

На сучасних авіабудівних концернах використовується інноваційне високотехнологічне обладнання, яке в автоматичному режимі з високою точністю і якістю виконує з'єднання складальних частин (СЧ) між собою, при цьому СЧ можуть мати абсолютно різні системи координат, в якості бази при складанні використовують 3D-моделі деталей або агрегата в цілому, по якому складальний автомат виконує клепку, стикування і т.д. Лазерні стенди дозволяють виконувати складання по безстапельній технології (рис. 1.2.2).



Рисунок 1.2.2 – Лазерний стенд ІАС компанії Broetje Automation для безстапельного стикування фюзеляжу

Для забезпечення необхідної точності процесу стикування, автомат використовує спеціальний метод вимірювання: так звані котячі очі (мішені), які прикріплюються безпосередньо до секцій фюзеляжу і розпізнаються

лазером. Потім визначаються фактичні параметри позицій в 3-мірному середовищі і їх порівнювання з заданими значеннями. Система ЧПУ і програма корекції позицій забезпечує переміщення кожного агрегату в його точну позицію стикування.

Відсіки фюзеляжу встановлюються на спеціальних візках, які підводяться один до одного з контролем вписуваності та підгонки за допомогою лазерних трекерів. При цьому в автомата використовується своя система координат, а в відсіках своя. Автомат, використовуючи точну 3D-геометрію фюзеляжа, яка знаходиться в програмі автоматичного проектування, без будь-яких спільних фізичних складальних баз виконує високоточне складання. Таким чином досягається максимально короткий та високоточний цикл складання цілого агрегату будь-яких габаритів.

На фото нижче наведені приклади використання такого обладнання і процесів в компанії Boeing, зокрема, унікальна технологія складання великогабаритних агрегатів, таких як фюзеляж, за допомогою намотування композитних вуглецевих волокон при використанні роботів і машин (рис. 1.2.3)



Рисунок 1.2.3 – Технологія виробництва фюзеляжу за допомогою намотування вуглеволокон на літаку Boeing 787

Також в сучасній практиці при безстапельному складанні застосовуються спеціальні рухомі платформи (рис. 1.2.4), на яких встановлюються відсіки фюзеляжу для їх переміщення в зону виконання стикувальних робіт, доставки до стикувальних стендів, а також для базування при безстапельному складанні за допомогою роботів.



Рисунок 1.2.4 – Рухома платформа фірми KUKA з програмним керуванням



Рисунок 1.2.5 – Стенд компанії Broetje для виконання автоматичних з'єднань, при цьому відсік фюзеляжу, який знаходиться на візку, при переміщенні автомата по спеціальним рейкам, стає з автоматом одним цілим, таким чином маючи одну спільну складальну базу



Рисунок 1.2.6 – Процес безстапельного складання фюзеляжу з використанням системи мобільних платформ та роботів

В стикувальних процесах широко використовуються підйомники з ЧПУ, які дозволяють виконувати стикування консолей крила з центропланом, а також хвостового оперення і фюзеляжу (рис. 1.2.7)



Рисунок 1.2.7 – Процес безстапельного стикування консолей крила за допомогою підйомників з ЧПУ

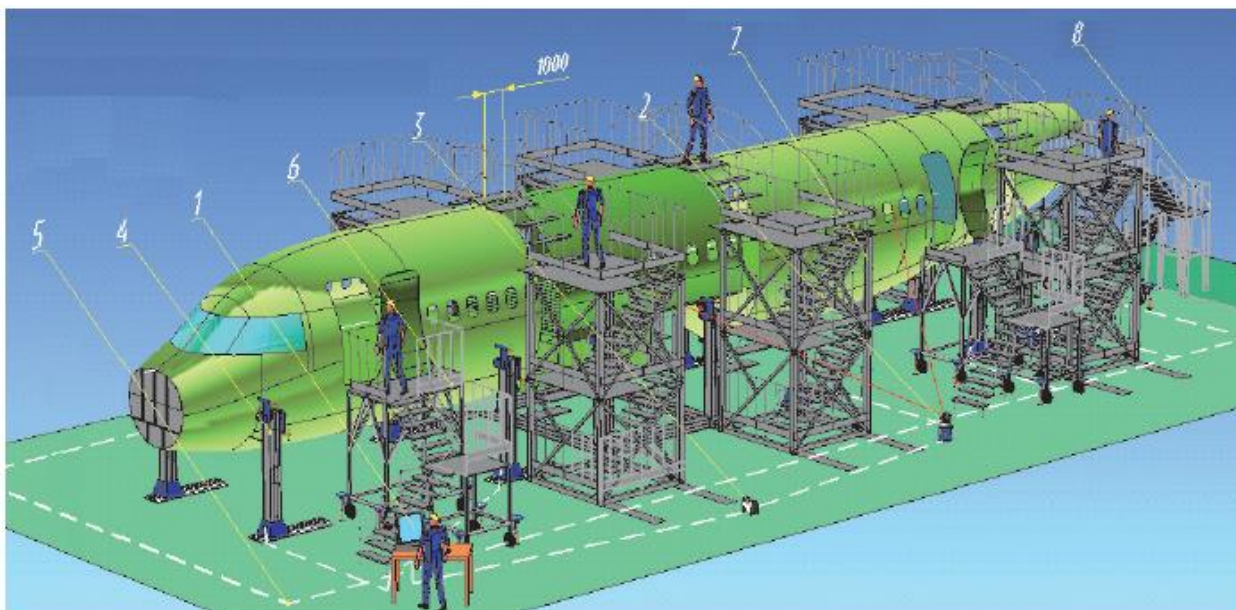


Рисунок 1.2.8 – Приклад стикування відсіків фюзеляжу літака Ан-148 на стенді з контролем по лазерному трекеру



Рисунок 1.2.9 – Візок-супутник з вбудованим ЧПУ встановлений в середині автомату для складання відсіку фюзеляжу

При такому способі застосовується автоматизоване обладнання, яке по суті не являється стапелем. Складання йде від каркасу, спочатку шпангоути та стрингери, а потім до них кріпиться обшивка, при цьому фактично не контролюється зовнішній контур по обшивці. Такий метод дає дуже високу точність, та скорочує цикл виробництва. Трудомісткість складання по зрівнянню зі стапельним методом на 40 відсотків менша. При цьому точність при складанні досягає 0,05 мм.

1.3 ФОРМУВАННЯ МЕТИ ТА ОСНОВНИХ ЗАДАЧ ДИСЕРТАЦІЇ

Основною метою та задачами проекту є впровадження сучасної технології безстапельного складання і стикування фюзеляжу пасажирського літака на вітчизняному підприємстві, з розробкою нової технології задля досягнення високої точності, зменшення трудомісткості, збільшення темпу та зменшення циклу виробництва, а також технологічного переоснащення та підвищення культури виробництва.

На даний момент виробництво конкурентноздатного сучасного літака можливе лише за використання провідних технологій та обладнання.

При впровадженні даної технології можливо відновлення серійного виробництва літаків пасажирського середньомісного класу на українських підприємствах.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

В даному розділі дисертації, був виконаний огляд існуючих технологій складання агрегатів літаків, а саме фюзеляжів, та їх порівняння. Був проведений пошук і аналіз технологій безстапельного складання сучасних авіаційних конструкцій з розглядом можливого використовуваного обладнання. Сформована мета та основні задачі проекту.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА

2.1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ СКЛАДАННЯ

Перед тим як обирати метод складання та стикування готових відсіків фюзеляжу, мною було проведено оцінювання виробничої технологічності конструкції фюзеляжу пасажирського літака, на прикладі вітчизняного Ан-148.

Виробнича технологічність конструкції фюзеляжу (далі - технологічність) являє собою сукупність передбачених в процесі проектування властивостей конструкції, що забезпечують мінімальні трудові і матеріальні витрати на освоєння складального виробництва, виготовлення у встановлені терміни і в заданій кількості конструкцій, в умовах відповідного підприємства.

Забезпечення технологічності конструкції фюзеляжу полягає в реалізації взаємопов'язаних технічних рішень як результатів проведення відповідних конструкторських, технологічних, організаційних та інших заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, оптимізацію матеріальних і трудових витрат, скорочення часу на виробництво, технічне обслуговування і ремонт літака в цілому. Для реалізації таких заходів вирішуються кілька основних завдань:

- формування при проектуванні конструкції фюзеляжу властивостей, що дозволяють використовувати найбільш ефективні ТП і ЗТО для виробництва на підприємстві-виробнику фюзеляжу в заданих кількостях;

Забезпечення готовності підприємства-виробника до виробництва фюзеляжу, в необхідній кількості та у встановлені терміни.

Результати оцінювання технологічності конструкції фюзеляжу літака Ан-148 представлені в таблиці 2.1.1

Таблиця 2.1.1 – Результати оцінювання технологічності

№ п/п	Найменування якісного критерію технологічності	Ступінь відповідності конструкції критерієм, пропоновані шляхи підвищення рівня технологічності
1	2	3
1	Можливість проведення збірки СО, яка передбачає мінімізацію або виключення операцій по установці-зняттю відповідних деталей, що входять в конструкцію СО.	При проведенні стикування фюзеляжу мінімізовано операції по установці - зняттю відповідних деталей, що входять в конструкцію СО.
2	Забезпечення збирання без механічної обробки і підгонки деталей.	Механічна обробка деталей, що входять в конструкцію фюзеляжу, при його складанні не потрібна.
3	Забезпечення доступу виконавчих органів обладнання в зону виконання операцій.	Доступ забезпечено.
4	Застосування методів базування, заснованих на створенні з використанням CAD / CAM / CAE-систем технологічних баз, їх матеріалізації з використанням програмно-керованого устаткування і контрольно-вимірювальних систем.	Базування по лазерним променям.

Продовження таблиці 2.1.1

5	Наявність до місць виконання з'єднань, підходів з розмірами, що дозволяють використовувати МІ для виконання відповідних технологічних операцій: утворення отвору, зенкування гнізда, створення замикаючого елемента кріпильної системи.	Для виконання типових операцій як: створення отворів, зенкування гнізд, постановка кріплення в отвір, створення замикаючого елемента кріпильної системи, контроль якості з'єднання, буде використовуватися клепальний автомат Broetje типу ISAC. Це означає, що місця для виконання операцій досить в такій мірі, що можна використовувати обладнання такого типу.
6	Відображення в ЕМ, електронних і паперових кресленнях матеріалізованих, у вигляді елементів конструкції, реперних точок і конструкторських баз, щодо яких задаються всі розміри, що підлягають контролю.	Контролюється аеродинамічна поверхня фюзеляжу.
7	Можливість проведення паралельного складання підскладань, що входять в конструкцію СО.	Стикування відсіків фюзеляжу проводиться паралельно-послідовно.
8	Габаритно-масові характеристики СО, наявність такелажних вузлів для переміщення СО.	Такелажні вузли присутні, так як конструкція великогабаритна і важка.

Продовження таблиці 2.1.1

9	Використання технологічних компенсаторів.	При стикуванні використовують стикувальну стрічку, прокладку, накладку.
10	Обґрунтованість вимог до точності геометричних параметрів складальних одиниць (СО), Можливість забезпечення необхідної точності.	Поверхня фюзеляжу утворює аеродинамічний обвід фюзеляжу, тому вимоги до точності висока, при стикуванні використовуються лазерно-центруючі вимірювальні системи, це означає, що буде забезпечена максимально можлива точність стикування.
11	Наявність підсилюючих елементів в місцях кріплення замків, петель, вузлів навішування	У місцях стику Ф1 з Ф2 і Ф2 з Ф3, в каркасі фюзеляжу передбачені потовщення, для збільшення міцності і характеристик жорсткості.
12	Наявність форм головок заклепок залежно від вимог до аеродинамічному обводу.	Оскільки закладна головка КЕ виходить на аеродинамічний обвід, то закладна головка повинна бути потайною.
13	Мінімальна кількість гнізд, виконуваних штампуванням, в порівнянні з зенкованими.	Всі гнізда виконуються зенкуванням на клепальному автоматі.

14	Відсутність контакту елементів кріпильної системи, виготовленої з алюмінієвих сплавів з елементами пакету, виготовленими з вуглепластика.	Контакт елементів кріплення системи з елементами з ПКМ відсутня.
15	Виконання технологічного членування АК у вигляді відсіків і агрегатів на секції, панелі і вузли, забезпечуючи: - мінімальну кількість стиків в конструкції агрегатів і відсіків; - можливість максимального застосування автоматизованого обладнання для виконання з'єднань.	Виконано технологічне членування фюзеляжу. Максимальне застосування автоматизованого обладнання.

За результатами оцінювання технологічності конструкції фюзеляжу за якісними критеріями мною зроблено висновок про високий рівень технологічності.

Складання окремих секцій, відсіків та агрегатів проводять на агрегатному складанні, яке складається із двох методів:

- 1) стапельне складання, або складання у стапелі;
- 2) безстапельне складання.

При стапельному методі агрегат складають із вузлів та деталей в спеціальних складальних пристосуваннях – стапелях, складання проходить паралельно-послідовним або послідовним способом.

На бестапелльному складанні в якості складальних пристосувань використовують стенди, на яких монтуються основні конструктивні елементи каркасу планера, та до яких надалі кріпиться обшивка, формуючи таким чином аеродинамічний обвід.

Розглянемо складання відсіку фюзеляжу Ф-2 з використанням безстапельної технології.

Відсік фюзеляжу Ф-2 складається із чотирьох панелей: нижньої 1, верхньої 2, лівої бокової 3, і правої бокової 4 (рис. 2.1.1). Панелі складаються в ліву та праву секції на ділянці вузлового складання.

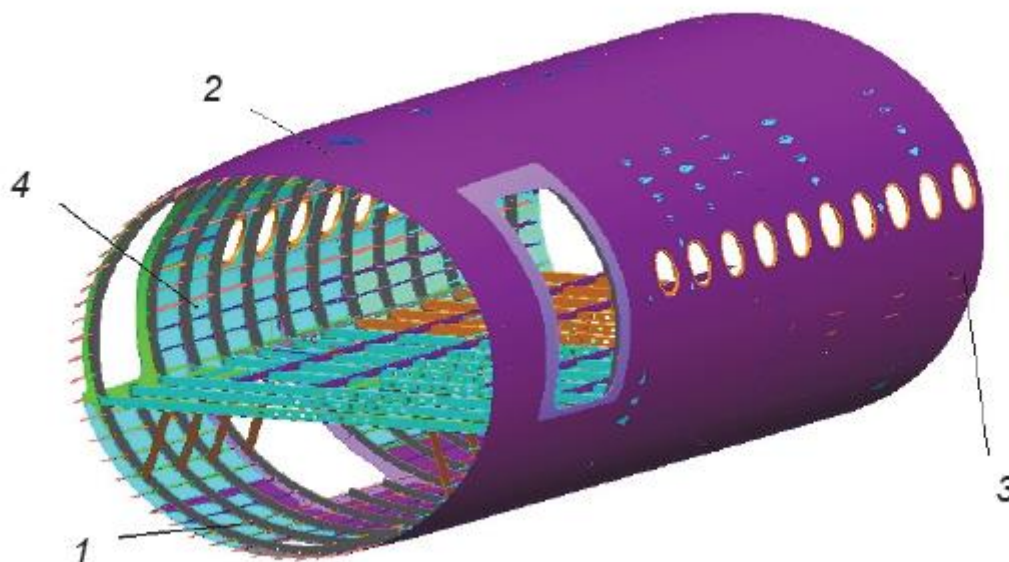


Рисунок 2.1.1 – Зовнішній вигляд відсіку Ф-2

Ліва секція складається з верхньої та лівої бокової панелі, права – із нижньої та правої бокової панелі. Зовнішній вигляд одної із панелей показаний на рисунку 2.1.2.

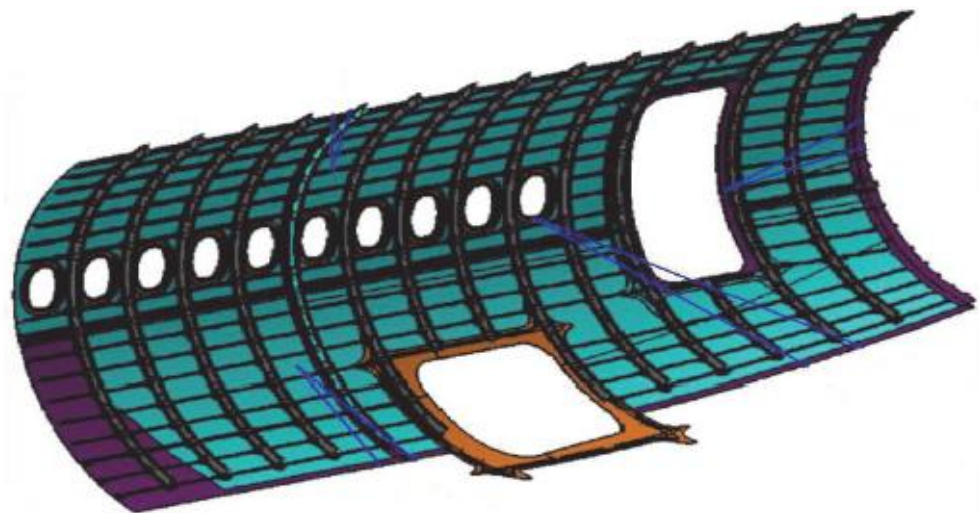


Рисунок 2.1.2 – Зовнішній вигляд правої панелі

Відсік по стикам має стикові шпангоути, приклад стикового шпангоута при стикуванні відсіку Ф-2 та Ф-3 представлений на рисунку 2.1.3.

З бравого борту розміщуються службові двері, по контуру дверей встановлені герметизуючі резинові профілі.



Рисунок 2.1.3 – Зовнішній вигляд стикового шпангоуту, який також являється гермошпангоутом, забезпечуючи герметичність в салоні

Люк заднього багажно-вантажного відсіку розміщується з правого борту між шпангоутами № 42 – 45, відчиняється назовні вгору та фіксується в відкритому положенні підкосами.

Відсік має ілюмінатори пасажирського салону (рис. 2.1.4). Склоблок ілюмінатора складається із зовнішнього скла товщиною 10 мм і внутрішнього – товщиною 4 мм.

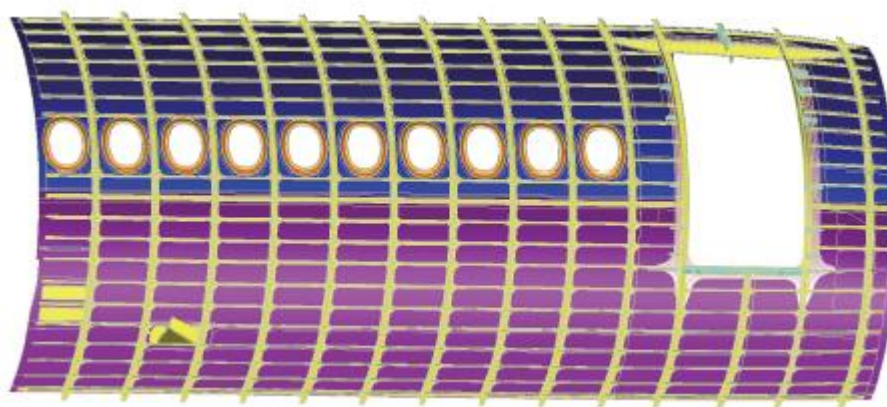


Рисунок 2.1.4 – Розміщення ілюмінаторів на панелі

Пасажирський салон розміщений над силовою підлогою, а технічні і багажно-вантажні відсіки – під підлогою. Каркас силової підлоги (рис. 2.1.5) в відсіку виконаний із повздовжніх і поперечних балок, настил підлоги виконаний в вигляді панелей. На силову підлогу кріпляться пасажирські крісла.

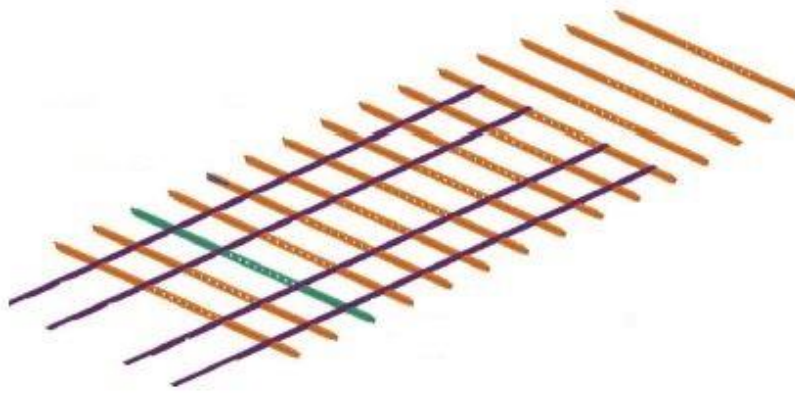


Рисунок 2.1.5 – Вид на каркас силової підлоги пасажирського салону.

Електронна модель складального обладнання для безстапельного складання відсіків фюзеляжу приведена на рис. 2.1.6.

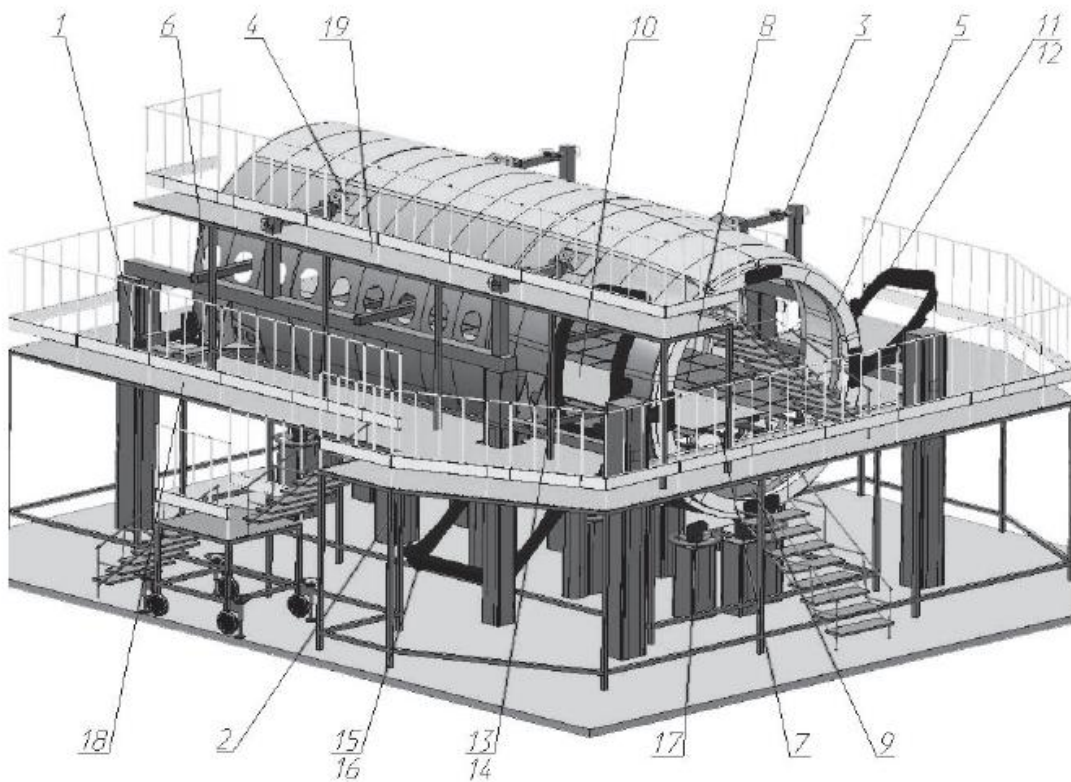


Рисунок 2.1.6 – Електронна модель обладнання для складання відсіку фюзеляжу.

1 – основна колона; 2 – додаткова колона; 3 – рухомий вузол з базовим отвором; 4 – такелажний вузол.

Як видно із рисунка – стенд не має рубильників і ложементів, замість рубильників встановлені рухомі кронштейни з базовими пластинами і базовими отворами (БО). Складальними базами в цьому випадку служать БО в стенді і складальні отвори (СО) в складальній одиниці.

2.2 РОЗРОБКА СХЕМИ СКЛАДАННЯ І УВ'ЯЗКИ

При розробленні схеми складання і ув'язки перш за все необхідно визначити види складальних баз та методи базування складальних частин при складанні фюзеляжу, а також метод забезпечення взаємозамінності.

Складанням (монтажем) є сукупність операцій базування, закріплення в складальному положенні і виконання з'єднань СЧ при складанні вузлів, панелей, секцій, відсіків, агрегатів і ЛА в цілому. Метод складання являє собою сукупність взаємопов'язаних рішень, що регламентують способи базування, види складальних баз, послідовність установки СЧ при складанні авіаційних конструкцій.

Відомі методи складання авіаційних конструкцій характеризуються такими особливостями:

- способами базування;
- ступенем забезпечення взаємозамінності при складанні;
- об'ємом оснастки;
- точністними характеристиками;
- економічними характеристиками.

Перечень видів відомих складальних баз, які згадуються в технічній літературі і нормативних документах включають:

- по базовим поверхням деталей;
- по розмітці;
- по складальним отворах (СО);
- по базовим поверхням оснастки;
- по базовим отворах;

- по лазерним променям;
- по поверхні каркаса;
- по зовнішній поверхні обшивки;
- по внутрішній поверхні обшивки (по технологічному каркасу).

Основні вимоги до методів складання:

- забезпечення заданих параметрів точності;
- забезпечення контролю точності;
- забезпечення якості стикування;
- спрощення процесу стикування;
- скорочення часу на процес стикування;

У зв'язку з тенденціями технічного прогресу і розвитком авіаційної техніки (АТ), найбільш раціональним і сучасним методом базування є базування по лазерним променям із застосуванням лазерних-центруючих вимірювальних систем (ЛЦВС), цей метод і буде застосовуватися при складанні та стикуванні відсіків фюзеляжу, це обумовлено наступними обставинами:

- досягнення максимального контролю точності по такелажним вузлам за принципом прохід \ непрохід;
- спрощення процесу стикування за рахунок скорочення часу на контроль;
- забезпечення найвигідніших умов для стикування;
- використання в якості першоджерела інформації 3D моделей.

Для цього методу складання застосовується лазерний сканер (рис.2.2.1), за допомогою якого і відбувається процес базування складових частин при складанні (рис. 2.2.2).



Рисунок 2.2.1 – Лазерный 3D сканер Leica HDS6200

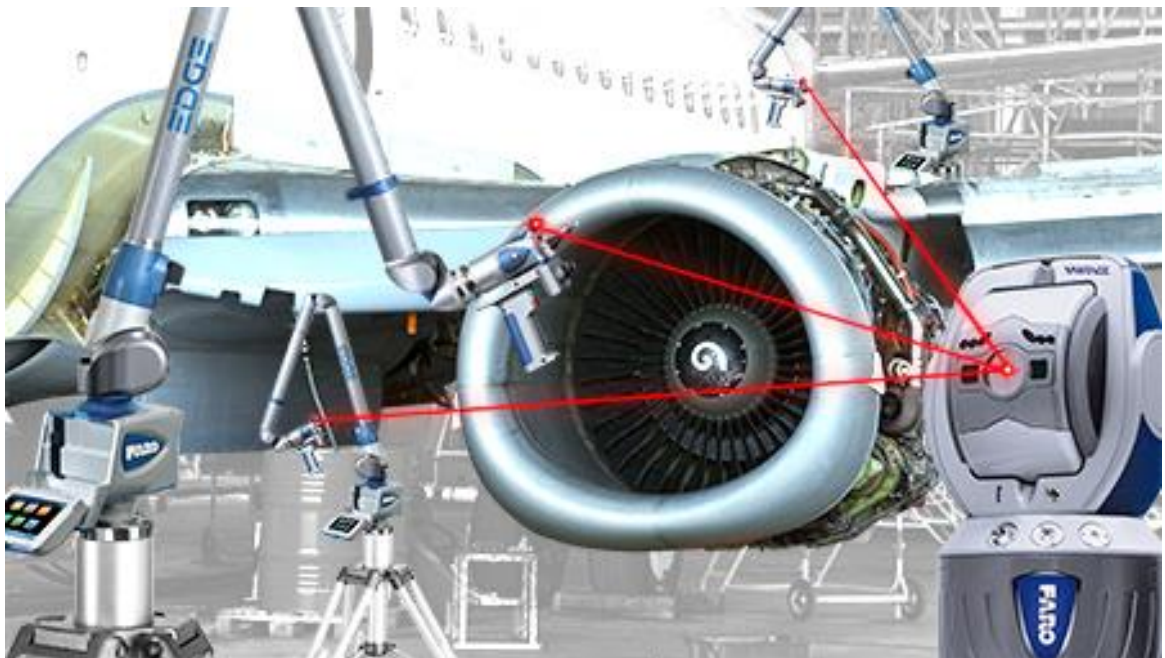


Рисунок 2.2.2 – Процес базування СЧ за допомогою лазерного сканера

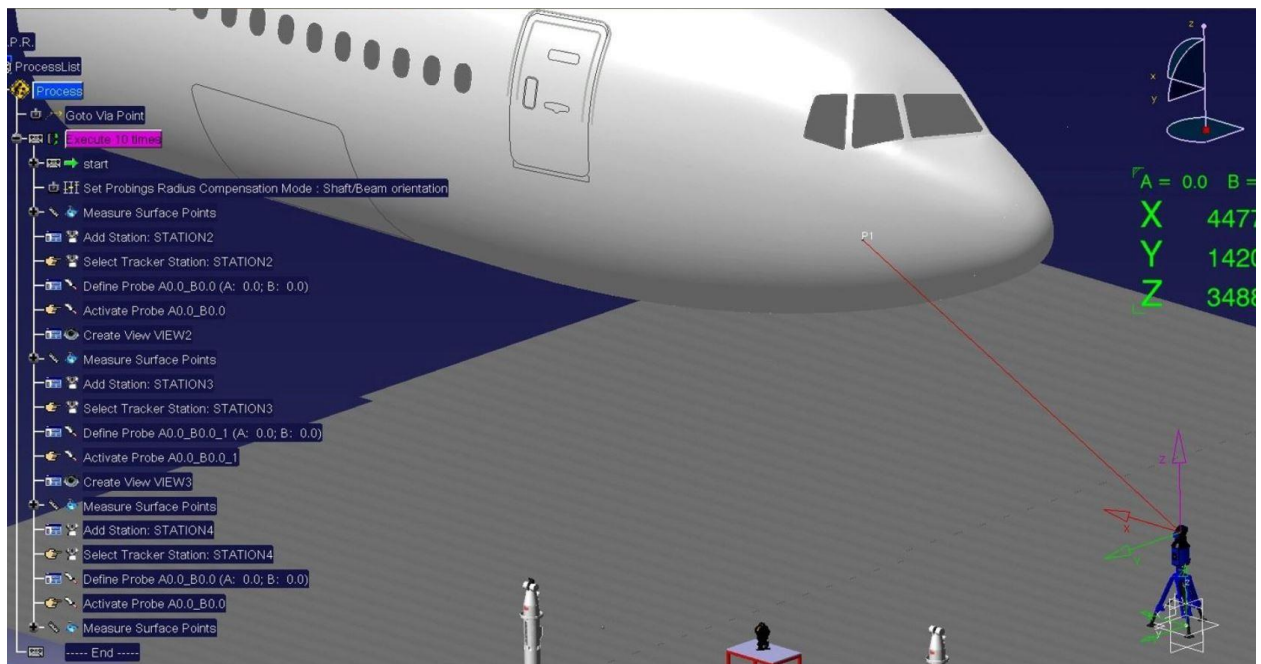


Рисунок 2.2.3 – Процес сканування поверхні літака за допомогою лазерного трекера в середовищі CAD-системи

На агрегатному складанні для точного виставлення окремих вузлів агрегату, розмітки площини симетрії літака (ПСЛ), будівельної горизонталі літака (БГЛ), осей агрегату і т.д., а також для точного стикування відсіків агрегату відносно один одного необхідно на поверхні агрегатів в відповідних місцях нанести реперні (або нівелювальні) точки.

Цей процес називається нівелюванням, при якому використовують спеціальні контрольні позначки – реперні точки.

Реперні точки виконують на агрегаті в вигляді накернених точок і маркують червоними кругами діаметром 30 мм, товщина лінії круга дорівнює 5 мм.

Положення реперних точок задається нівелювальними кресленнями на основі теоретичних креслень, електронної моделі агрегата.

Реперні точки наносять на агрегати різними способами: за допомогою нівелірів і теодолітів, лазерних-центруючих вимірювальних систем.

Реперні точки, які нанесені на поверхні агрегатів літака, згідно нівелірувальної схеми або креслення, являються технологічними вимірювальними базами.

ЛЦВС застосовують достатньо широко в літакобудуванні, особливо при складанні крупних агрегатів, при нівелюванні літаків, включаючи широкофюзеляжні, при складанні окремих агрегатів один з одним і при монтуванні крупних стендів.

За допомогою ЛЦВС виконують розмітку і ув'язку базових осей на каркасах агрегатів, контроль обводів аеродинамічних поверхонь і нівелювання літака.

В якості прикладу на рис. 2.2.4 показана схема розмітки будівельної горизонталі і вертикалі всередині відсіку фюзеляжу.

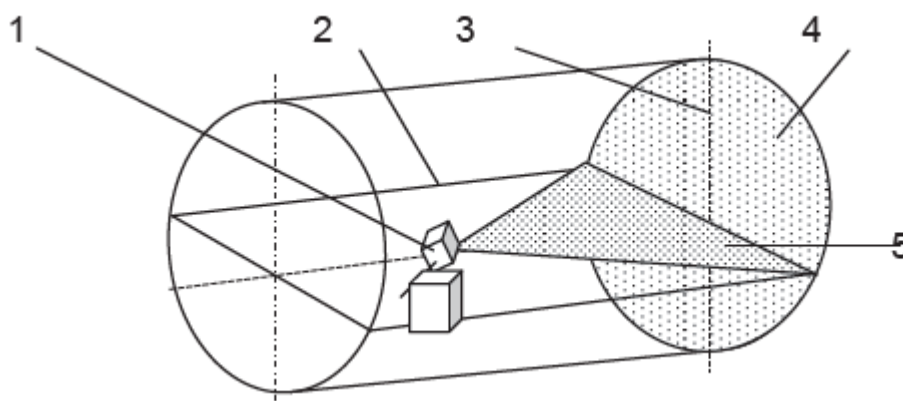


Рисунок 2.2.4 – Схема розмітки будівельних осей відсіку фюзеляжу: 1 – лазерний скануючий пристрій з пентапризмою; 2 – будівельна горизонталь літака (БГЛ), розмічена лазерним променем; 3 – будівельна вертикаль; 4 – технологічна координатна плита; 5 – поверхня сканування.

Розмітка виконується за допомогою лазерного скануючого пристрою (ЛСП), який має лазерний випромінювач, пентапризму сканеру та блок живлення лазера.

ЛСП дозволяє створити в просторі світлову площину, відносно якої звіряють розміщення БО, нівелірувальних реперних точок і баз агрегату, ліній будівельної горизонталі і вертикалі агрегату. ГНлбхідно мати декілька лазерних випромінювачів, які встановлюються в різних місцях так, щоб створити видимі лазерні промені. Видимі лазерні промені проходять вздовж и поперек агрегату, створюючи видиму координатну сітку.

В доповнення до ЛЦВС використовують технологічні координатні плити (ТКП), відносно яких базують лазерні промені.

Розрізняють вертикальні і горизонтальні ТКП, які встановлюють жорстко і з високою точністю по торцях базового агрегату (або біля нього).

Всі найбільш важливі точки, осі, площини виробу або стенду проектують на ТКП. Положення опорних лазерних променів також задаються за допомогою ТКП. Наприклад, для стикування відсіків фюзеляжу створюють горизонтальну базу із декількох опорних променів ЛЦВС (рис. 2.2.5).

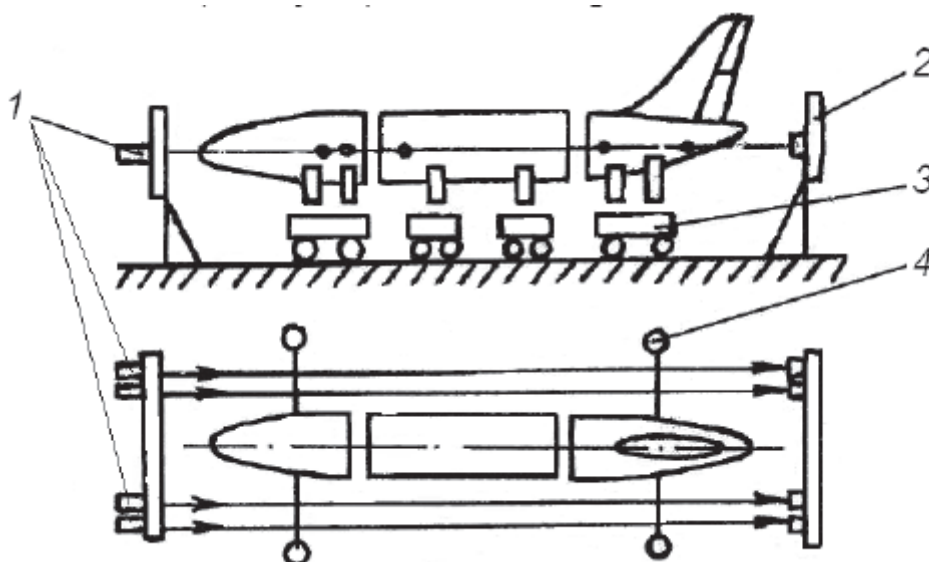


Рисунок 2.2.5 – Стикування відсіків фюзеляжу за допомогою ЛЦВС

Лазерні випромінювачі 1 базуються по отворах ТКП 2, заздалегідь виставлених в вертикальній площині. Використовуючи реперний

маніпулятор 4, переміщують відсіки фюзеляжу на стикувальних візках 3 до співміщення будівельної горизонталі фюзеляжу з опорними променями ЛЦВС, після чого з'єднують (стикують) відсіки в агрегат.

На даний час в виробництво літаків впроваджуються перспективні методи стикування з застосуванням лазерних трекерів і комп'ютерних систем.

На рисунку 2.2.6 представлений варіант стикування відсіків фюзеляжу вітчизняного літака Ан-148.



Рисунок 2.2.6 – Варіант стану стикування відсіків фюзеляжу з використанням лазерного трекера: 1 – комп'ютер; 2 – трекер; 3 – контролер; 4 – колона рухома з ложементами; 5 – канали проводки; 6 – трап-драбина; 7 – робоче місце; 8 – драбина.

Наступний етап – вибір методу взаємозамінності при складанні фюзеляжу.

Під геометричною взаємозамінністю розуміється властивість незалежно виготовлених СЧ, що дозволяє встановлювати їх в процесі складання і замінювати в процесі ремонту без підгонки та використання

селективного складання. В авіації для забезпечення взаємозамінності застосовується ув'язка - узгодження відповідних геометричних параметрів СЧ конструкції і складальної оснастки для її складання.

Для ув'язки геометричних параметрів СЧ конструкції використовуються наступні першоджерела ув'язки:

- креслення (К);
- плаз (П);
- еталон (Е);
- програма (ПР).

Для виготовлення першоджерел ув'язки застосовуються першоджерела інформації (креслення, технічні умови, системи допусків і посадок, математичні моделі).

Застосовують такі види засобів ув'язки:

- інструмент (І);
- шаблон (Ш);
- макет (М).

Поєднання першоджерел і засобів ув'язки характеризує метод ув'язки:

- КІМ – креслярсько-інструментальний метод;
- КШМ – креслярсько-шаблонний метод;
- КММ – креслярсько-макетний метод;
- ПІМ – плазово-інструментальний метод;
- ПШМ – плазово-шаблонний метод;
- ПММ – плазово-макетний метод;
- ЕІМ – еталонно-інструментальний метод;
- ЕШМ – еталонно-шаблонний метод;
- ЕММ – еталонно-макетний метод;
- ПРІМ – програмно-інструментальний метод;
- ПРШМ – програмно-шаблонний метод;
- ПРММ – програмно-макетний метод.

Метод ув'язки представляє собою метод узгодження геометричних параметрів базових поверхонь СЧ і технологічної оснастки для стикування.

Більшість існуючих методів є застарілими і не відповідають вимогам в умовах сучасності. В даний час широкого застосування досягла безплатова ув'язка геометричних форм і розмірів на основі систем CAD / CAM / CAE.

Виходячи із вибраних складальних баз та методів базування СЧ при стикуванні та складанні вибираємо найбільш вдалий програмно-інструментальний метод (далі - ПРИМ). Відмова від застарілих методів складання і перехід до ПРИМ дозволить зменшити ручну працю, мінімізувати вплив людського фактора, виключити підгонку за місцем, прискорити технологічну підготовку виробництва та ін.

Основні переваги ПРИМ:

- висока точність ув'язки СЧ (незалежний метод);
- можливість застосування високопродуктивних ЗТО;
- можливість автоматизації виробництва.

Прогнозована точність обраного методу ув'язки: $\pm 0,2$ мм.

Першоджерелом інформації є повний електронний опис виробу (ПЕОВ). Першоджерелом ув'язки служить електронний макет (ЕМ). ЕМ (рис. 2.2.7, 2.2.8, 2.2.9), є носієм геометричних параметрів деталі, виробу і визначає їх взаємне розташування між собою в процесі складання і прив'язку до базових осей і площин.

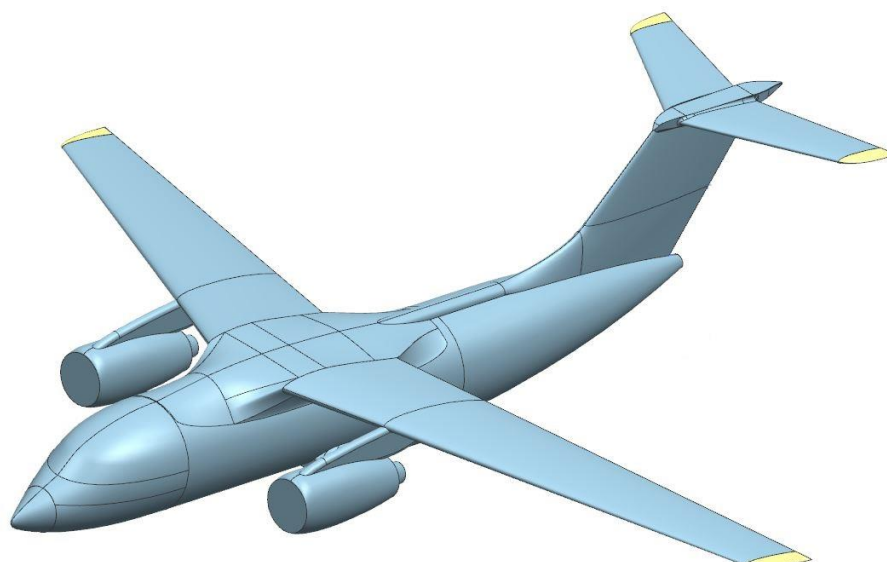


Рисунок 2.2.7 – Електронна модель теоретичної поверхні літака Ан-148

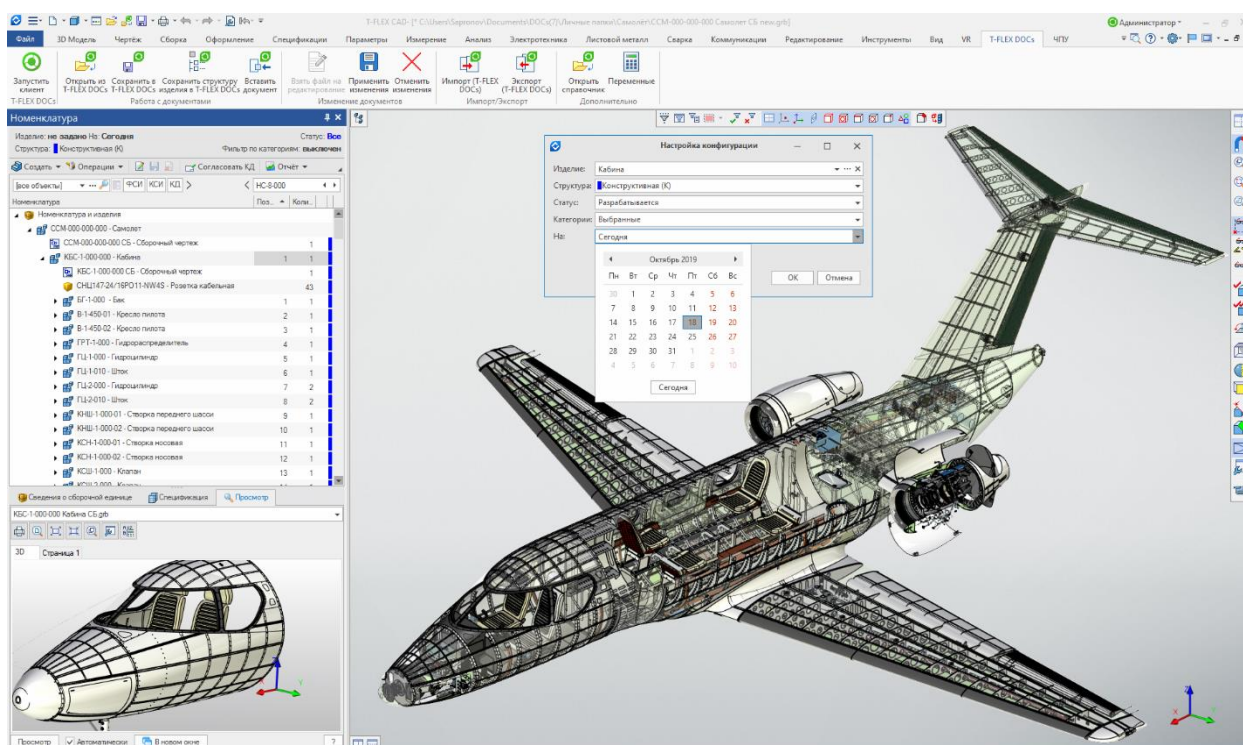


Рисунок 2.2.8 – Електронна модель літака

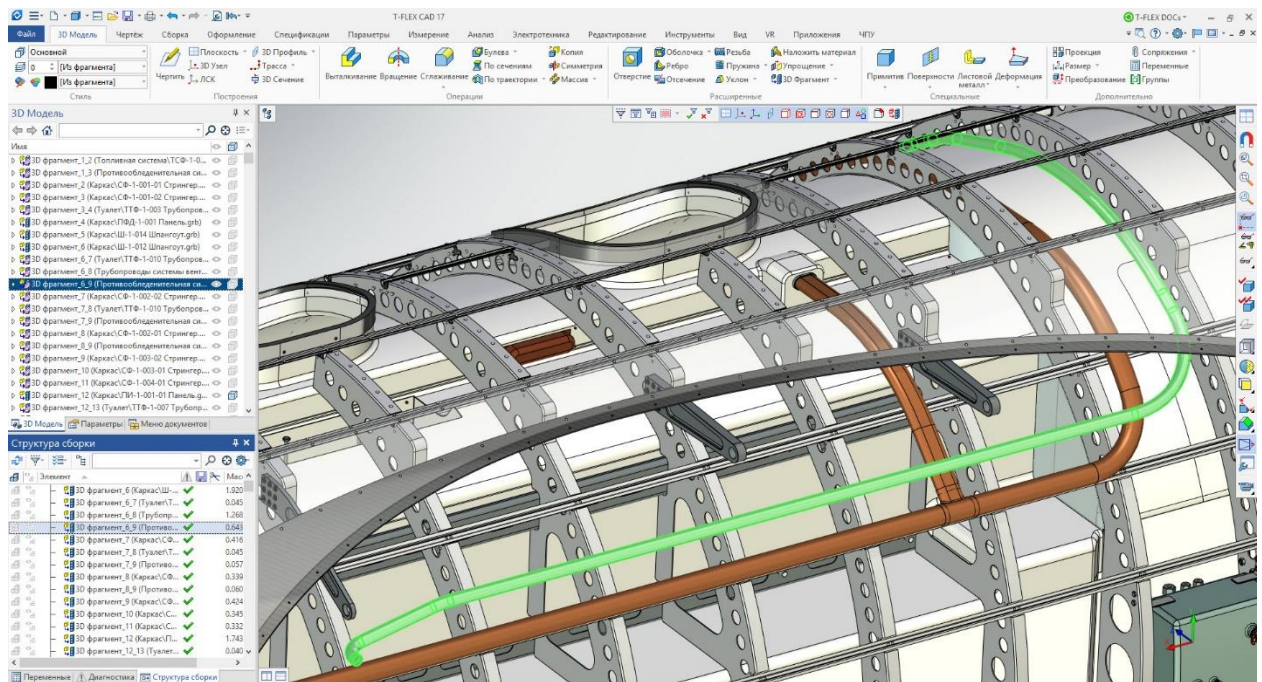


Рисунок 2.2.9 – Електронна модель силового набору фюзеляжу

Електронний макет являє собою узгоджену в просторі віртуальну конструкцію, виконувану з точністю, як правило, 0,001-0,003 мм в одній з систем комп'ютерного проектування.

Засобом ув'язки в даному випадку є керуюча програма (КП), написана для верстата з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Застосування таких верстатів дозволяє зменшити терміни виготовлення деталей, відсутність впливу людського фактора, задовольнити вимоги до якості виробів.

В процесі ув'язки ув'язуються такі геометричні параметри СЧ фюзеляжу: вписування, миделевий перетин.

Таким чином, обраний спосіб забезпечує повну взаємозамінність СЧ і конструкції в цілому.

Схема складання, стикування і забезпечення взаємозамінності СО є графічним зображенням (у вигляді умовних позначень) послідовності установки СЧ при стикуванні СО, з зазначенням першоджерел, засобів ув'язки і ув'язуваних геометричних параметрів базових поверхонь СЧ, що входять в конструкцію СО. При цьому, схемою складання є ідеологія

виконання операцій, яка полягає в порядку виконання окремих операцій ТП стикування відсіків фюзеляжу літака на вітчизняному підприємстві.

Залежно від наявності різних способів членування авіаційних конструкцій на окремі СЧ, можна виділити наступні основні схеми стикування:

- а) послідовна;
- б) паралельна;
- с) паралельно-послідовна.

При послідовній схемі стикування, операції виконуються одна за одною, після закінчення попередньої. Застосовується для стикування відсіків і агрегатів, які не розчленовані на секції і панелі, а також складання вузлів, панелей та секцій.

При паралельній схемі стикування, операції виконуються одночасно. Застосовується для складання секцій і відсіків, що входять в конструкцію одного агрегату, наприклад, для складання секцій крила: ВЧК, СЧК, ЦЧК.

При паралельно-послідовній схемі стикування, відповідні операції виконуються одночасно і одна за одною. Застосовується для стикування відсіків і секцій фюзеляжу, крила, оперення і ін.

Кожен елемент схеми заключається в рамку. Зв'язки між рамками представляються у вигляді прямих ліній. Для наочності рекомендується насичувати схеми растровими ескізами, використовувати інші можливості сучасних графічних програм.

З урахуванням обставин, викладених вище, для складання та стикування фюзеляжу пасажирського літака мною обрана паралельно-послідовна схема рис. 2.2.10.

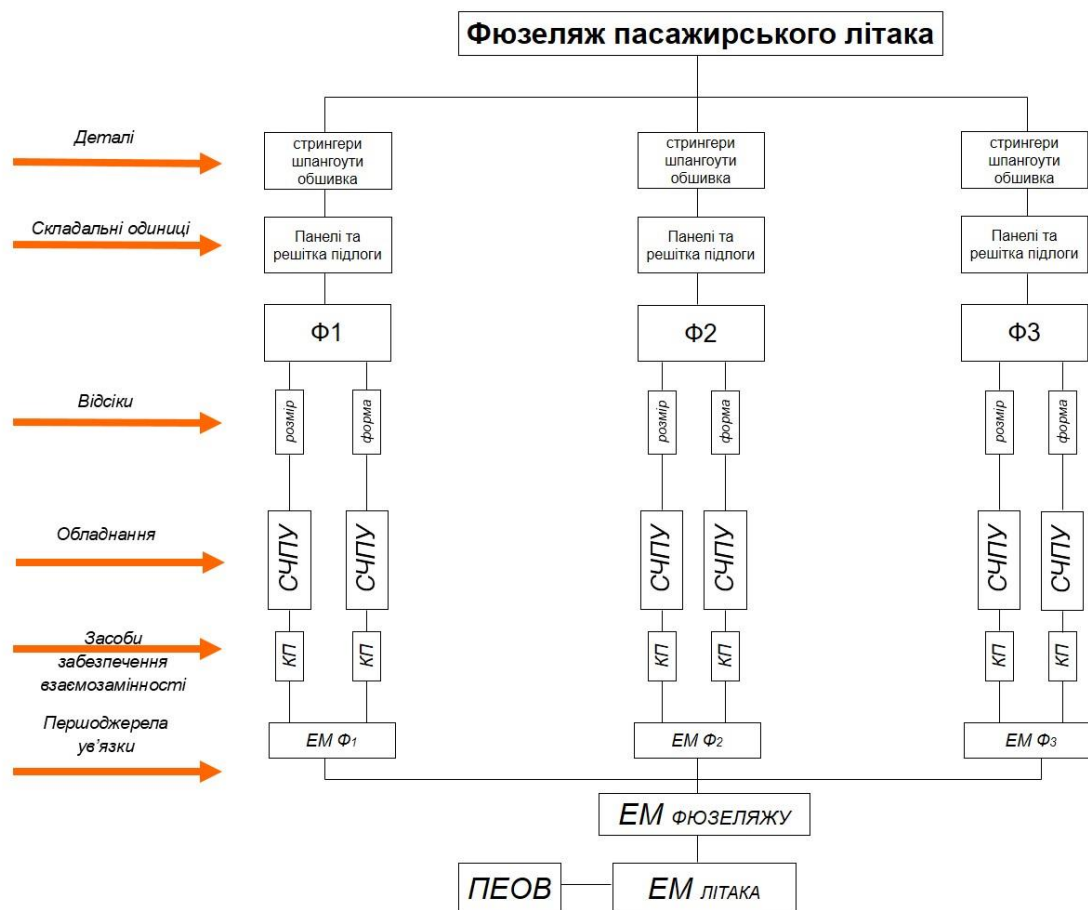


Рисунок 2.2.10 – Схема складання і стикування фюзеляжу

2.3 ПІДБІР ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАННЯ ФЮЗЕЛЯЖУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Склад необхідних ЗТО для складання і стикування відсіків фюзеляжу літака визначається на підставі технологічної послідовності ТП.

Стосовно до авіаційних конструкцій, до складу ЗТО можуть входити наступні їх типи: технологічне оснащення, обладнання, механізований і ріжучий інструмент, різні пристрої і інші ЗТО.

Для виконання стикування фюзеляжу, підібрані сучасний МІ і обладнання, які є набагато ефективніше тих ЗТО, які застосовувалися в минулому.

Застосування сучасних ЗТО дозволяє забезпечити необхідний рівень якості, скоротити час, необхідний для стикування і контролю точності, а також полегшити виконання роботи для робітників.

Перелік ЗТО, необхідних для виконання ТП складання і стикування відсіків фюзеляжу пасажирського літака по безстапельній технології з використанням цифрових моделей деталей представлений в таблиці 2.3.1

Таблиця 2.3.1 - Перелік ЗТО, необхідних для виконання ТП складання відсіків фюзеляжу пасажирського літака.

№ п/п	Найменування ЗТО	Основні технічні характеристики ЗТО
1	2	3
<i>А. Обладнання</i>		
1	Складальний стенд Broetje Automation з візком-супутником.	Виконується складання хвостового відсіку фюзеляжу без використання стапеля, з встановленим всередині візком-супутником для виконання складальних операцій по 3D моделям відсіків (рис. 2.3.1).
2	Клепальний автомат Broetje C-Pack.	Використовується для складання та клепання панелей фюзеляжу та віконних секцій, секцій з вирізами під входні, аварійні двері та вантажно-багажні вирізи (рис. 2.3.2).
3	Складальний автомат Broetje I-Sac	Використовується для складання відсіків фюзеляжу з використанням атоматичної клепки, свердління отворів та зенкування отворів з автоматичною зміною ріжучого інструменту, постановкою заклепок у отвори та розклепування заклепок (рис 2.3.3).
4	Роботизований маніпулятор KUKA	Використовується для виконання отворів (рис.2.3.4), клепання, зенкування та встановлення болтів, Hi-Lok-ів. Висока точність та автоматизація дозволяють виконувати з'єднання та позиціонувати отвори з точністю до 0,05 мм.

Продовження таблиці 2.3.1

5	Лазерний 3D сканер Leica HDS6200	<p>Швидкість сканування 1 млн точок в секунду, Широке поле зору сканера - 360 ° х 310 ° значно спрощує сканування в приміщеннях, виключаючи додаткові точки установки сканера і необхідність нахилу, що дуже корисно в умовах робочих цехів. Сканером можна керувати трьома різними способами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. За допомогою панелі керування, встановленої на бічній кришці сканера. 2. За допомогою безкабельного з'єднання з кишеньковим переносним комп'ютером (КПК). 3. За допомогою портативного комп'ютера типу "ноутбук". <p>Вбудований жорсткий диск на 60 ГБ, зовнішній ПК, вбудований модуль Wi-Fi, USB-накопичувачі (2 шт.) (рис. 2.3.5)</p>
<i>В. Ріжучий інструмент (PI)</i>		
6	Комплект свердел Guhring	<p>Високопродуктивний РІ зі швидкорізальної сталі зі спеціальним покриттям. Діаметри - згідно КД: 3,5; 4; 5 mm.</p>
7	Комплект зенковок Guhring	



Рисунок 2.3.1 – Складальний стенд Broetje Automation з візком-супутником



Рисунок 2.3.2 – Клепальний автомат Broetje C-Pack.



Рисунок 2.3.3 – Складальний автомат Broetje I-Sac



Рисунок 2.3.4 – Роботизований маніпулятор KUKA



Рисунок 2.3.5 – Лазерний 3D сканер Leica HDS6200



Рисунок 2.3.6 – Процес контролю базування фюзеляжу в стикувальному
оснащенні за допомогою ЛЦВС

2.4 ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ СТИКУВАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ФЮЗЕЛЯЖУ

При обраній технології безстапельного складання і стикування для впровадження даної технології на вітчизняному авіабудівному підприємстві було прийняте рішення про застосування в якості стикувального обладнання сучасних високотехнологічних стендів, з автоматизованим стикувальним процесом на прикладі стикувальних стендів компанії Broetje Automation, а також лазерно-центруючих вимірювальних систем на прикладі лазерних трекерів та теодолітів.

В якості основного стикувального стенду обраний стенд Broetje FLAC (рис. 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3). Точна лазерна вимірювальна техніка утворює в комбінації з ЧПУ і системою корегування позиції агрегатів, які стикуються, відмінну технологію позиціонування: в результаті кожен агрегат переміщується в точну позицію стикування.

Основні переваги такого стенду:

- скорочення витрат за рахунок стандартизації;
- більш висока продуктивність;
- максимізація забезпечення якості;
- максимально можлива гнучкість для всіх моделей літаків;
- модульна конфігурація для оптимального пристосування до вирішення поставленого завдання.



Рисунок 2.4.1 – Стенд Broetje FLAC



Рисунок 2.4.2 – Стенд Broetje FLAC



Рисунок 2.4.3 – Стенд Broetje FLAC

Також можливий варіант використання комбінованого стенду для безстапельного стикування відсіків фюзеляжу та крила Broetje ІАС (рис. 2.4.3, 2.4.4). При монтажі фюзеляжу проводиться стикування його окремих відсіків. Спочатку окремі відсіки фюзеляжу завантажуються в стенд стикування. Потім, за допомогою лазерної системи виміру, виконується автоматичний процес їх позиціонування і стикування. На наступному етапі проводиться завантаження лівого і правого ВЧК в стенд і їх автоматичне пристикування до фюзеляжу.

Для забезпечення необхідної точності процесу стикування застосовується спеціальний метод вимірювання: так звані котячі очі (мішені)) прикріплюються безпосередньо до секцій фюзеляжу і визначаються лазером. Потім визначаються фактичні параметри позицій в 3-мірному середовищі і їх порівнювання з заданими значеннями. Система ЧПУ і програма корегування позицій забезпечує переміщення кожного агрегату в його точну позицію стикування.



Рисунок 2.4.3 – Комбінований автомат для стикування фюзеляжу і консолей крила



Рисунок 2.4.4 – Комбінований автомат для стикування фюзеляжу і консолей крила

Для переміщення і точного позиціонування відсіків фюзеляжу до місця стикування та стикувального стенду планується використовувати мобільні роботизовані платформи компанії KUKA (рис. 2.4.5, 2.4.6, 2.4.7). Програмне звбезпечення дозволяє з високою точністю до 1 мм переміщувати платформу, або задавати траєкторію руху по цеху або складальній лінії.

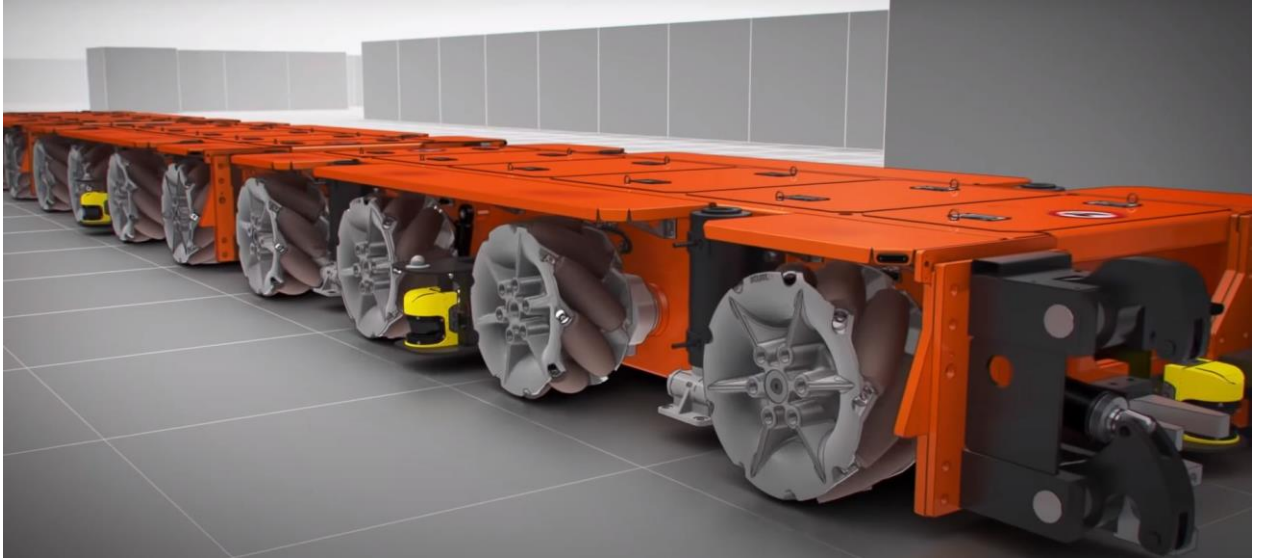


Рисунок 2.4.5 – платформа KUKA

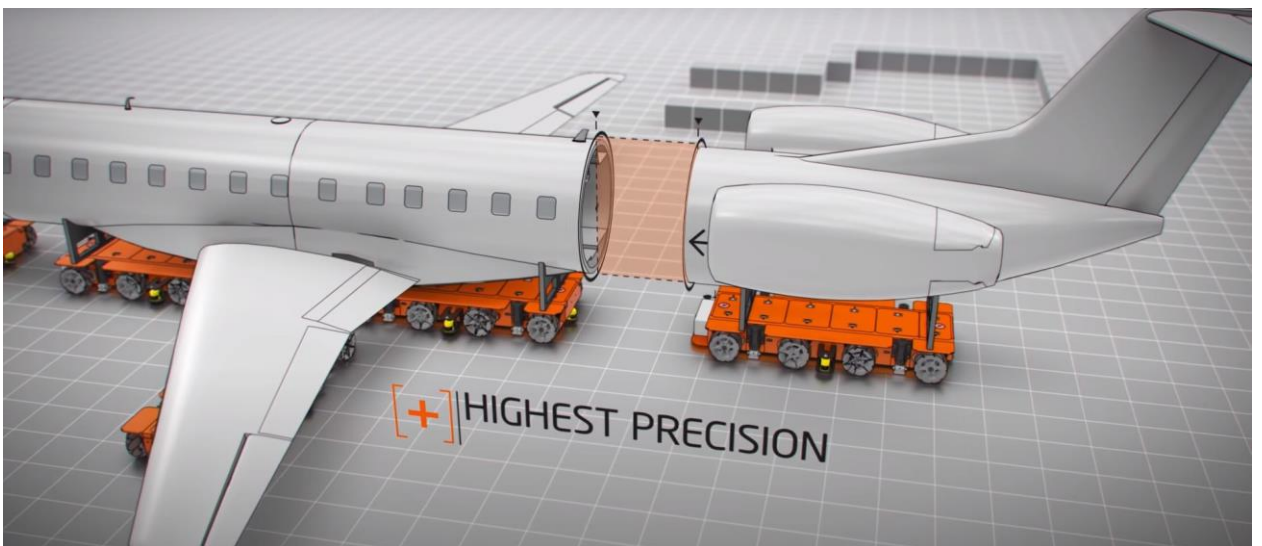


Рисунок 2.4.6 – Процес позиціонування відсіків перед стикуванням



Рисунок 2.4.7 – Процес переміщення зістикованого фюзеляжу

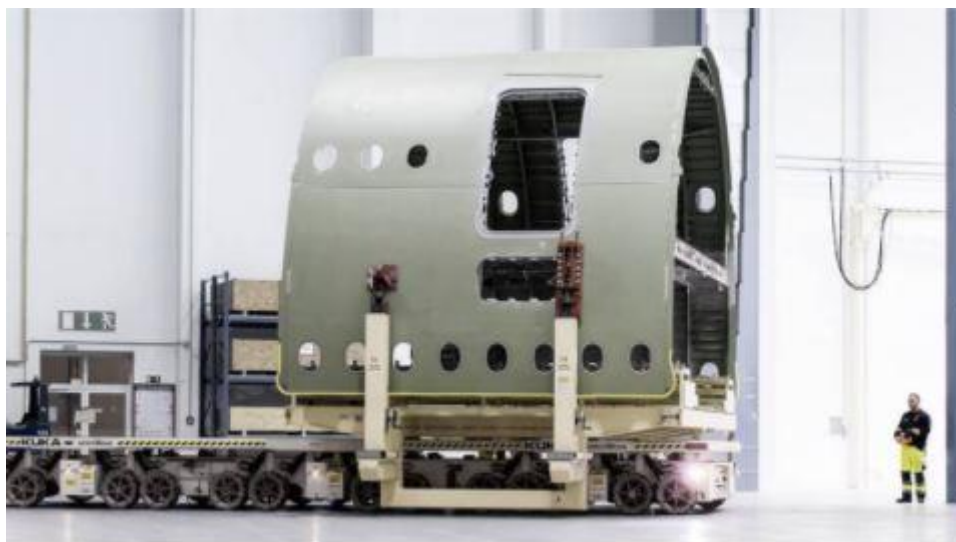


Рисунок 2.4.8 – Секція фюзеляжу, встановлена на мобільній роботизованій платформі

Для виконання та зенкування отворів в зоні стику відсіків фюзеляжу, планується застосовувати спеціальні накладні системи (рис. 2.4.9, 2.4.10, 2.4.11), які переміщуються по накладеним на контур фюзеляжу рейкам. Сама система складається з свердлильно-зенкувальної установки з ЧПУ. Подальший контроль розташування і позиціонування отворів можливий з

використанням фотограмметричних пристроїв в вигляді цифрових щупів (рис. 2.4.12), які передають координати сканованих точок на комп'ютер.

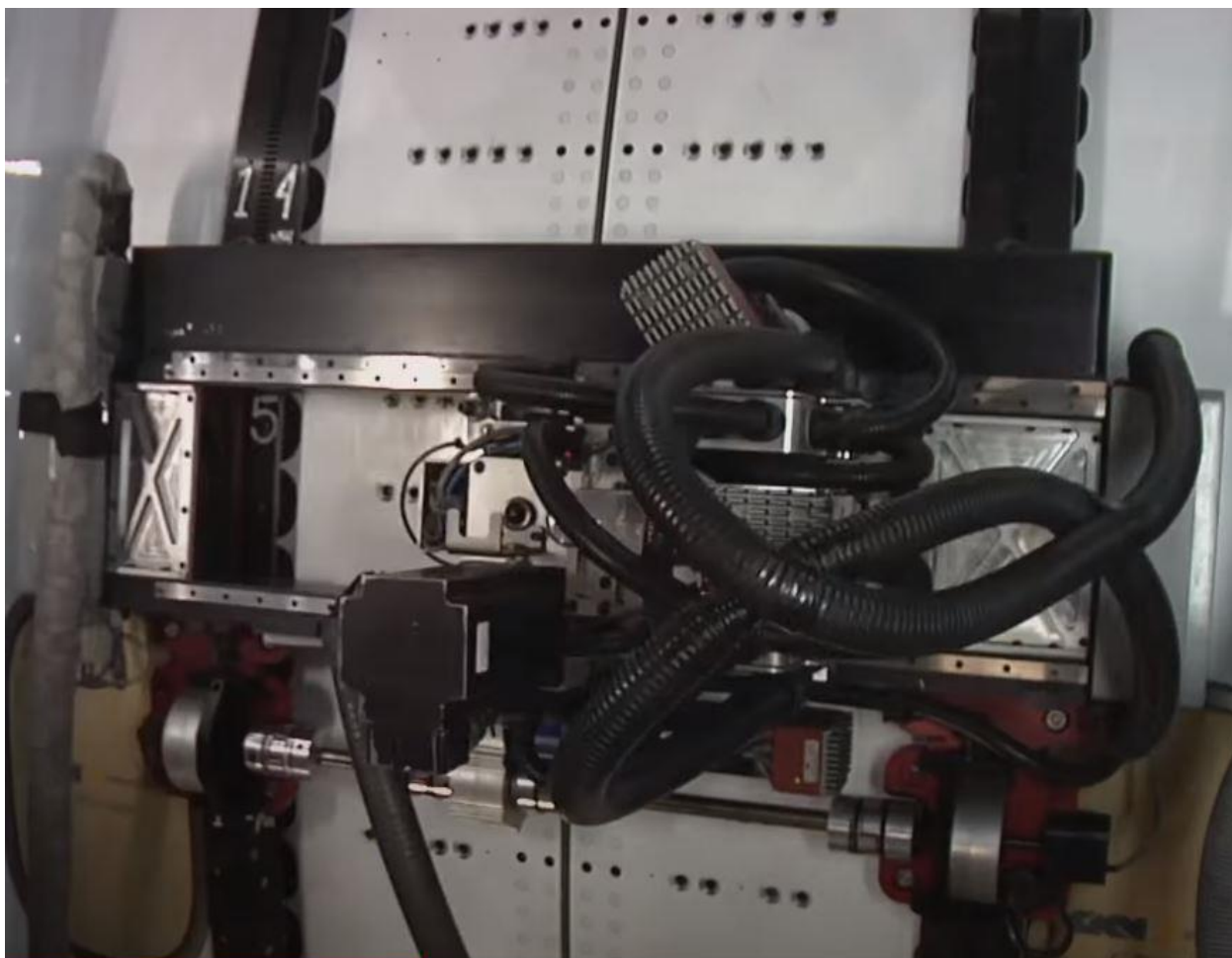


Рисунок 2.4.9 – Накладна система для виконання отворів в зоні стику відсіків фюзеляжу

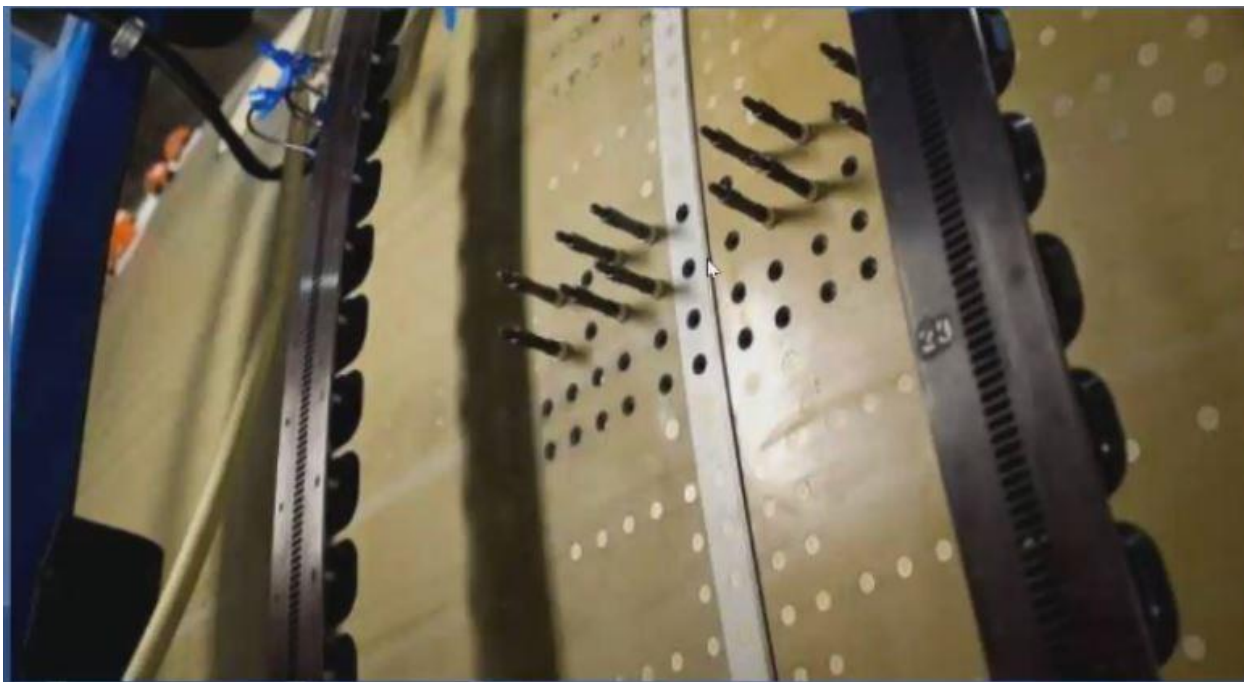


Рисунок 2.4.10 – Направляючі рейки накладної системи



Рисунок 2.4.11 – Виконання овторів накладною системою в зоні стику



Рисунок 2.4.12 – Цифровий щуп

Застосування такої системи дозволяє отримати масив точок на поверхні сканованого об'єкта, та порівняти його з теоретичним.

Для виконання з'єднань при стикуванні відсіків буде застосовуватися автоматизована клепальна система, яка складається із рухомої платформи з встановленим роботом-маніпулятором KUKA (рис. 2.4.13), який виконує операції клепки, постановки болтів, болт-заклепок, Hi-Lok та ін.



Рисунок 2.4.13 – Робот-маніпулятор компанії KUKA

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

В даній главі дисертації, були визначені види складальних баз і метод базування по ЛЦВС при складанні фюзеляжу, виходячи з тенденцій розвитку технологій в авіабудуванні. Також була розроблена схема складання і ув'язки (метод взаємозамінності – ПРИМ). Обґрунтовано вибір методу складання фюзеляжу, підібрані засоби технологічного оснащення для впровадження нової технології складання фюзеляжу з використанням цифрових моделей деталей. Вибрано і обґрунтовано концепцію стикувального оснащення для складання фюзеляжу.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 РОЗРОБКА НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАННЯ ФЮЗЕЛЯЖУ

Для виконання цього розділу, в якості об'єкта для розробки та оформлення технології безстапельного складання і стикування фюзеляжу, був обраний вітчизняний літак Ан-148.

Конструктивно, фюзеляж складається з панелей, які представляють собою обшивку, підкріплену стрингерами та шпангоутами, решітки підлоги кабіни екіпажу та пасажирського салону, яка складається з балок, направляючих для пасажирських крісел та вертикальних стійок, що з'єднують решітку підлоги та шпангоути. В свою чергу, після виконання складання цих елементів між собою ми отримуємо відсік фюзеляжу (рис. 3.1.1). Відсіки Ф-1 та Ф-3 в свою чергу також містять гермошпангоути, для підтримки герметичності в салоні та кабіні екіпажу.



Рисунок 3.1.1 – Відсік фюзеляжу Ф-2

Складання планується розділити на три лінії, по одній на кожен відсік відповідно. На першому етапі виконується складання панелей за допомогою автомата портального типу, або з використанням робота-маніпулятора (рис. 3.1.2) на відміну від ручного складання та складання в стапелі, яке використовується в вітчизняній технології.



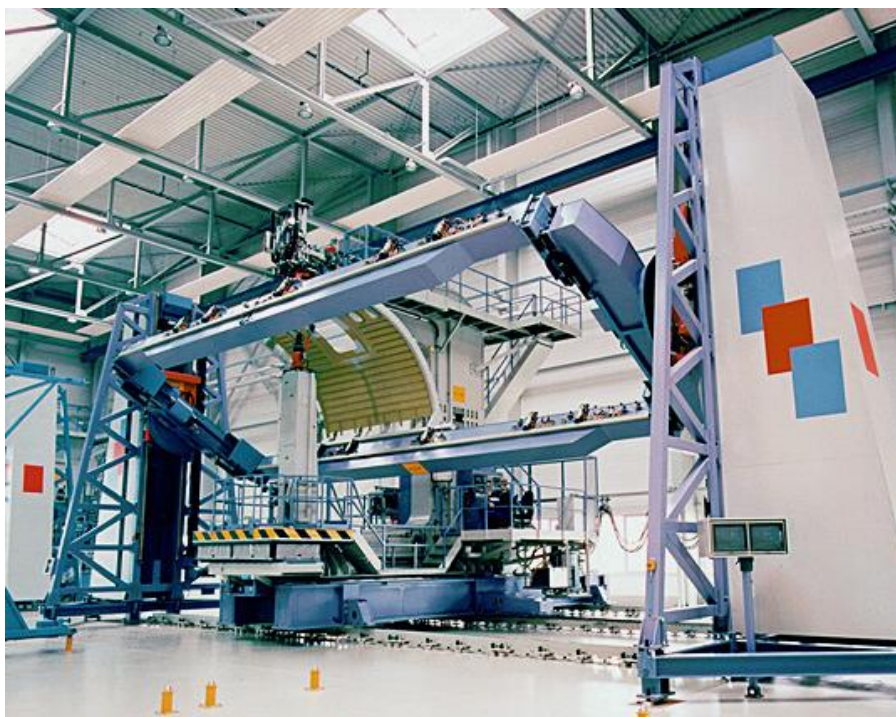


Рисунок 3.1.2 – Перехід від ручного складання панелей до автоматизованого

Наступним етапом йде складання панелей у відсіки, за допомогою автоматів, які виконують з'єднання в автоматичному режимі (рис. 3.1.3).



Рисунок 3.1.3 – Виконання клепання панелей у відсіки автоматом порталного типу

Окремою операцією також є складання решітки підлоги (рис. 3.1.4) для пасажирського салону та кабіни екіпажу. При складанні також буде використовуватися сучасний підхід та обладнання, яке представляє собою свердлильну автоматичну машину з ЧПУ (рис. 3.1.5), в систему якої також впроваджений лазерний трекер (рис. 3.1.6), який виконує точне позиціонування та контроль геометричних параметрів конструктивних елементів підлоги.

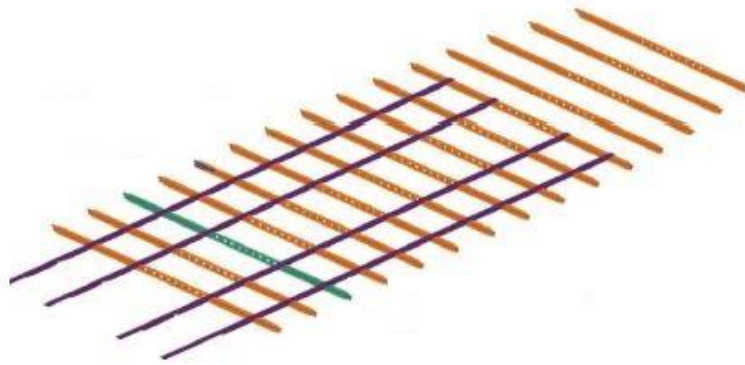


Рисунок 3.1.4 – Електронна модель решітки підлоги



Рисунок 3.1.5 – Автоматична свердлильна машина з ЧПУ з рельсовою системою переміщення, в верхній частині рисунка видно решітку підлоги

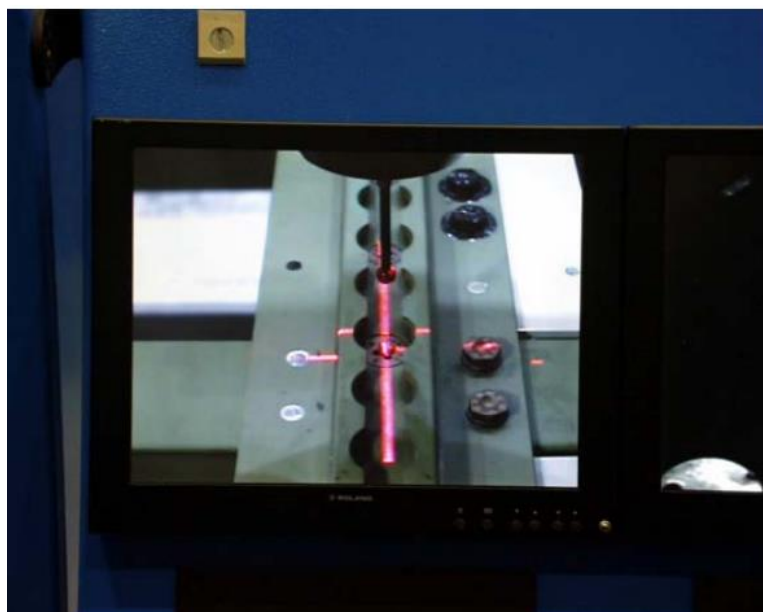


Рисунок 3.1.6 – Контроль позиціонування направляючих фіксаторів пасажирських крісел за допомогою лазерного трекера

Після складання підлоги виконується її встановлення та з'єднання з відсіками фюзеляжу. При виконанні з'єднувальних операцій, частково застосовуються роботи-маніпулятори KUKA (рис. 3.1.7).

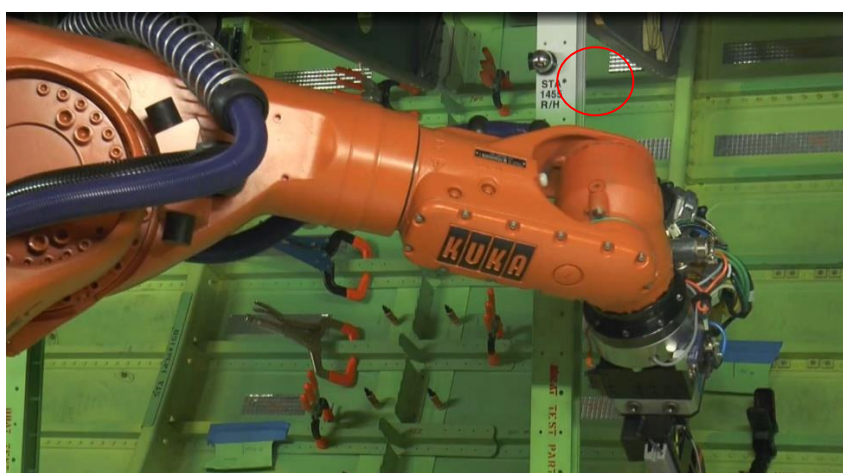


Рисунок 3.1.7 – Робот-маніпулятор може виконувати автоматичне клепання вертикальних стійок з шпангоутами, в кадрі також видно уловлювач для лазерного трекера, який встановлений на вертикальну стійку

В результаті отримуємо готові відсіки, як поступають на лінію стикування з використанням мобільних рухомих платформ, які доставляють відсіки до безстапельного стикувального автомату (рис. 3.1.8, 3.1.9).

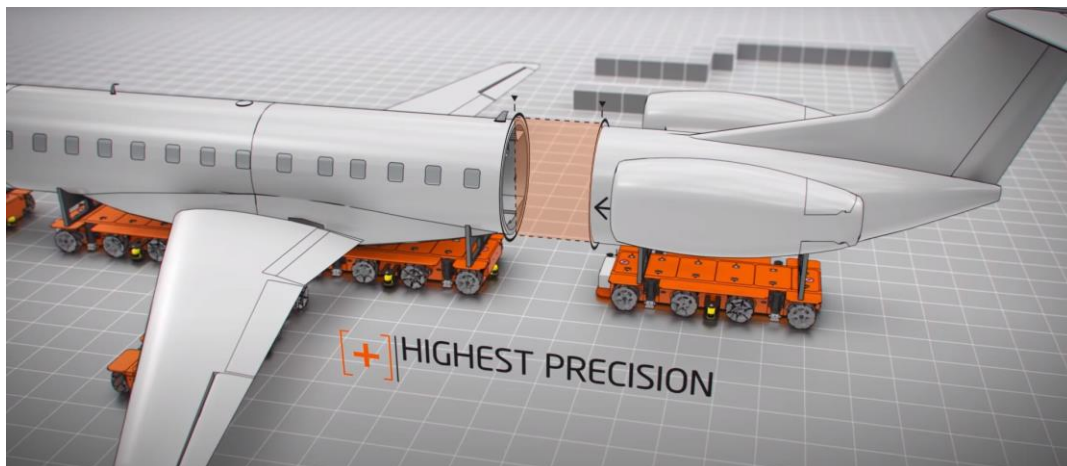


Рисунок 3.1.8 – Переміщення відсіків для стикування

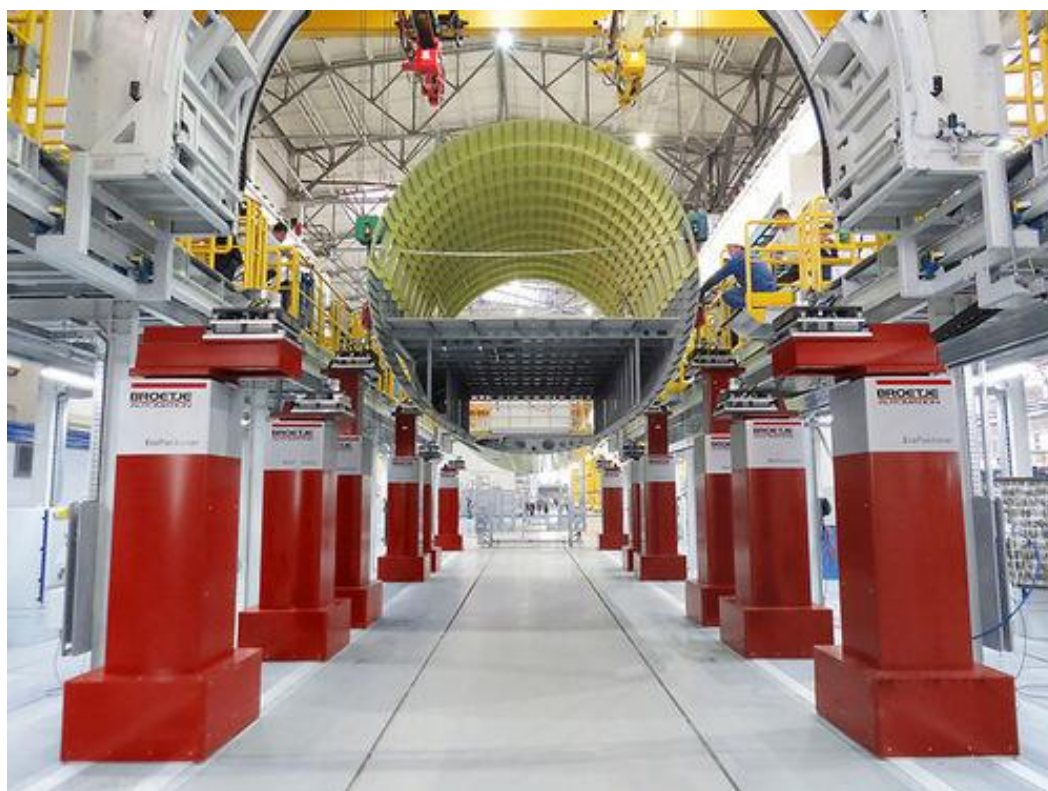


Рисунок 3.1.9 – Автомат для безстапельного стикування відсіків фюзеляжу

Відсіки позиціюються в автоматі автоматично, з застосуванням ЛЦВС, приймачі лазерних трекерів тимчасово встановлюються в базові отвори на стикових шпангоутах, по яким лазер вимірює точність та вписуваність позиціонування відсіків.

На стиках виконуються отвори за допомогою автоматичної накладної свердлильно-зенкувальної установки (рисунок 3.1.10) з подальшим виконанням з'єднань за допомогою роботів-маніпуляторів.



Рисунок 3.1.10 – Накладна автоматична система для виконання отворів по стику

Після виконання з'єднань, готовий фюзеляж контролюється за допомогою лазерних трекерів та теодолітів, після чого фюзеляж передається на подальшу лінію для стикування з крилом та оперенням. Для ознайомлення див. плакат №4.

3.2 ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

В даному розділі дисертації було прийнято рішення розписати узагальнену технологію складання та стикування фюзеляжу на прикладі літака Ан-148. Для ознайомлення див. узагальнену схему технології складання на плакаті № 6.

Складання панелей

1. Контроль ТУ поставки СЧ на складання.
2. Підготовка автомата.
3. Установка шпангоутів та стрингерів на рухому палету клепального автомату порталного типу.
4. Встановлення обшивки з фіксацією на палеті клепального автомату.
5. Виконання автоматичної клепки панелей.
6. Зняття зклепаної панелі з автомату.
7. Контроль якості готової панелі за допомогою ЛЦВС та роботизованої установки.

Виконання з'єднань панелей

1. Контроль ТУ поставки СЧ на складання.
2. Підготовка автомата.
3. Установка панелей в рухому матрицю автомату.
4. Фіксація панелей та контроль по ЛЦВС положення відносно матриці.
5. Переміщення матриці в арку клепального автомату.
6. Виконання з'єднувальних операцій.
7. Зняття зклепаного відсіку з автомату.

8. Контроль якості готового відсіку за допомогою ЛЦВС.

Складання решітки підлоги

1. Контроль ТУ поставки СЧ на складання.
2. Підготовка свердлильної машини з ЧПУ.
3. Установка поперечних та продольних балок з фіксацією в складальному пристосуванні.
4. Виконання отворів свердлильною машиною з ЧПУ під кріпильні елементи.
5. Виконання болтових та заклепочних з'єднань.
6. Установка по лазерному трекеру направляючих та фікстаторів пасажирських крісел на каркас решітки підлоги.
7. Виконання з'єднання.
8. Зняття решітки підлоги з складального пристосування.
9. Контроль якості готової решітки підлоги за допомогою ЛЦВС.

Встановлення та з'єднання підлоги з відсіком

1. Контроль ТУ поставки СЧ на складання.
2. Виконання отворів в шпангоутах під встановлення вертикальних стійок підлоги.
3. Встановлення підлоги у відсік з позиціонуванням по СО за допомогою ЛЦВС.
4. Виконання клепальних операцій з'єднання вертикальних стійок з підлогою за допомогою роботів-маніпуляторів KUKA.
5. Контроль якості готового відсіку за допомогою ЛЦВС.

Стикування відсіків в стенді для безстапельного стикування

1. Контроль ТУ поставки СЧ на складання.
2. Встановити центральний відсік Ф-2 в стенд по ОСБ. Фіксувати технологічними болтами.
3. Встановити хвостовий відсік в стенд по ОСБ.
4. Контроль вписуваності по ЛЦВС.
5. Виконання отворів по стику Ф-2 з Ф-3 за допомогою накладної автоматичної системи.
6. Нанесення герметика в зоні стику Ф-2 з Ф-3.
7. Встановлення технологічного кріпильного елементу.
8. Клепка заклепок роботом-маніпулятором по стику Ф-2 з Ф-3.
9. Встановити в стикувальний стенд відсік Ф-1 по ОСБ. Фіксувати технологічними болтами.
10. Контроль вписуваності по ЛЦВС.
11. Виконання отворів по стику Ф-2 з Ф-1 за допомогою накладної автоматичної системи.
12. Нанесення герметика в зоні стику Ф-2 з Ф-1.
13. Встановлення технологічного кріпильного елементу.
14. Клепка заклепок роботом-маніпулятором по стику Ф-2 з Ф-1.
15. Контроль якості стикування за допомогою ЛЦВС.
16. Зняття зістикованого фюзеляжу зі стенду.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

В даному розділі дисертації було розроблено та оформлено нову сучасну технологію для безстапельного складання та стикування фюзеляжу літака на прикладі Ан-148. Для впровадження даної технології було застосовано сучасне високотехнологічне автоматизоване обладнання, в вигляді автомату порталного типу для клепаання панелей фюзеляжу, клепальний автомат для виконання з'єднань панелей, свердлильна машина з ЧПУ для складання решітки підлоги пасажирського салону та кабіни екіпажу, роботи-маніпулятори з функцією клепаання та постановки кріпильних елементів таких як болти, болт-заклепки, Hi-Lok та ін., накладна автоматична система для виконання овторів по стику відсіків фюзеляжу, стикувальний стенд для безстапельного стикування, лазерні треки для контролю геометричних параметрів СЧ та агрегатів в цілому, а також для інформаційного базування та позиціонування при складанні та стикуванні.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1 ОПИС ІДЕЇ ПРОЕКТУ

Розділ містить економічне обґрунтування стартап-проекту “Перехід на безстапельне складання та стикування фюзеляжів дітаків”. Розділ має на меті ознайомлення з економічними та функціональними характеристиками майбутнього проекту, економічними аспектами його реалізації та впровадження у використання.

Зміст ідеї проекту, його можливі напрямки застосування, його основні вигоди, що може отримати користувач товару та його відмінності від існуючих аналогів наведено у таблиці 4.1.1.

Таблиця 4.1.1 – Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
За рахунок автоматизованого складання агрегатів змінити ручну працю на роботів, та стенди з ЧПУ, що в свою чергу підвищить точність складання та зменшить витрати, та строки виконання запланованих робіт	1. При проектуванні	Зручність при використанні складних деталей у конструкції
	2. При виробництві	Можливість автоматизованого складання агрегатів
	3. На стадії ремонту	Швидкість у заміні деталей чи агрегатів літака

Нова безстапельна технологія складання фюзеляжу літака відрізняється від вітчизняної зменшеним циклом складання планера, високою якістю

складання, точністю базування та позиціонування СЧ при стикуванні та складанні та зменшеною кількістю ручної праці.

Чотири основних фактори, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції:

1. Основними конкурентами у галузі складання літаків є «Boeing» (США), «Airbus» (Франція), ЗАТ «Цивільні літаки Сухого» (Росія), «Embraer» (Бразилія), Корпорація «Іркут», а також інші компанії, що займаються складанням літаків.
2. Наразі технологія складання агрегатів літаків морально застаріла та потребує її оновлення, з урахуванням усіх світових нововведень.
3. Основними постачальниками засобів технологічного оснащення для складання агрегатів літаків, є компанії «Desoutter» (Франція), «Atlas Copco» (Швеція), «Broetje» (Німеччина), які конкурують між собою.
4. Споживачами є організації, що займаються складанням літаків різних типів.

Для оцінювання конкурентноспроможності та складності виходу стартапу на ринок були виконані порівняння із рядом потенційних конкурентів, до яких можуть бути застосовані характеристики. Результати порівняння наведені в таблиці 4.1.2.

Таблиця 4.1.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характери- стики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів			W слабка сторона	N нейтра- льна сторона	S сильна сторон а
		Мій проект на основі літаків ДП «АНТОНОВ»	Компанія «Boeing»	Компанія «Airbus»			

1.	Форма виконання	Технологія	Технологія	Технологія		+	
2.	Собівартість	Низька	Висока	Висока			+
3.	Наявність спеціаліста для роботи з ЧПЗ	Треба	Треба	Треба		+	
4.	Масштабованість	Ні	Так	Так		+	

Проект має сильні сторони, що відсутні в існуючих аналогах та здатний із ними конкурувати. Сильними сторонами є низька собівартість. Слабкою стороною є відсутність певних навичок з відпрацюванням технології автоматизованого складання та фінансова залежність.

4.2 АНАЛІЗ РИНКОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАПУСКУ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяють спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних споживачів (клієнтів) та пропозицій проектів-конкурентів.

Був проведений аналіз, а саме: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку. Результати аналізу представлені у таблиці 4.2.1.

Таблиця 4.2.1 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1.	Кількість головних гравців, од	5
2.	Загальний обсяг продажів, грн/ум.од	500000000 грн./ум.од
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5.	Специфічні вимоги до сертифікації	Є
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	$R = (500000000 * 100) / (5500000 * 12) = 77,5\%$

Дії, необхідні для виходу на ринок, залежать в тому числі і від потенційних споживачів. Аналіз цільових аудиторій споживачів даного продукту наведено у таблиці 4.2.2.

Таблиця 4.2.2 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
1.	Потреба у вітчизняних літаках на авіалініях	Компанії, які здійснюють авіап перевезення	Очікується низька зацікавленість в стартапі закордонних компаній	Надійність та якість обслуговування

Відповідно до результатів аналізу цільових аудиторій споживачів описаного продукту, наведеного у таблиці 4.2.2 та необхідного для виходу на такий ринок, який було описано в таблиці 4.2.1, слід спрямовувати зусилля на активне просування проекту в приватні компанії-споживачі.

Важливим процесом для виходу на ринок та орієнтації на певну цільову аудиторію споживачів є аналіз можливих загроз стартап-проекту, що можуть спричинити значні проблеми його розвитку. Результати такого аналізу факторів загроз продукту наведено в таблиці 4.2.3.

Таблиця 4.2.3 – Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Динаміка ринку	Уповільнення зросту ринку	Співпраця з іншими компаніями для поліпшення ситуації на ринку
			Розширення на суміжні ринки
2.	Конкуренція	Вихід на ринок великої компанії	Вихід з ринку
			Надати додаткові переваги власного продукту лише за появи сильного конкурента
3.	Держава	Зростання податків	Перегляд виконання умов, що зменшують податки, поступове підвищення тарифів

Відповідно до результатів аналізу можливих факторів загроз стартап-проекту описаного продукту, наведеного у таблиці 4.2.3 та необхідного для виходу на ринок, описаного в таблиці 4.2.1, існує ряд ризиків які слід враховувати при планування виходу продукту на ринок та мати орієнтовні сценарії їх мінімізації та компенсування їх впливу, наведені в таблиці вище.

Аналогічно до загроз стартап-проекту, що можуть спричинити значні проблеми для його розвитку, важливою частиною є огляд можливих сприятливих умов, використання яких може значно покращити становище спартап-проекту та надати перевагу порівняно із конкурентами. Такі сприятливі умови та відповідні можливості розглянуто в таблиці 4.2.4.

Таблиця 4.2.4 – Фактори можливостей

<i>№ п/п</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Конкуренція	Зниження довіри до конкурента внаслідок помилок в обслуговуванні	Акцентувати увагу на якісному ТО
2.	Конкуренція	Зменшення числа конкурентів за рахунок якості та меншої ціни	Продаж продукту авіаперевізникам по цінам меншим ніж у конкурентів
3.	Технології	Поява нових технологій	Аналіз новітніх технологій складання продукту у світі
4.	Держава	Послаблення обмежень в законодавстві	Оптимізація діяльності для скорочення витрат

Відповідно до результатів аналізу можливих сприятливих умов для описаного продукту, наведеного у таблиці 4.2.4 та бажання до виходу на ринок, описаного в таблиці 4.2.1, існує ряд можливих реакцій компанії, правильне застосування яких може надати значну перевагу порівняно із конкурентами.

Конкуренція на ринку може стати як причиною занепаду компанії, так і стимулом завдяки якому стартап-проект значно покращить якість послуг та отримає корисний для майбутнього розвитку досвід. У зв'язку з цим в таблиці 4.2.5 проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку стартап-проекту.

Таблиця 4.2.5 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливість конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
Тип конкуренції: Чиста	Існують фірми-конкуренти на ринку	Врахувати ціни конкурентних компаній на початкових етапах створення ідеї стартапу, реклама (вказати на конкретні переваги перед конкурентами)
За рівнем конкурентної боротьби: Національний	Зарубіжні конкуренти	Додати можливість вибору характеристик літака (тобто виробляти літак під замовника)
За галузевою ознакою: Внутрішньогалузева	Конкуренти мають літаки, що використовуються лише внутрішньогалузево	Створення літака, як пасажирського так і для вантажоперевезення, і сільського господарства
Конкуренція за видами товарів: Між бажаннями	Сфера авіаційної галузі	Створити літак дешевший ніж у конкурентів, але с такими ж характеристиками
За характером конкурентних переваг: Цінова	Вдосконалення та можливість створення нового літака, дешевшого ніж у конкурентів	Використання автоматизованих ліній складання агрегатів літака на вітчизняних підприємствах
За інтенсивністю: Не марочна	Бренди відсутні	-

Як було зазначено вище, конкуренція відіграє надзвичайно важливу роль у розвитку компанії. У зв'язку з цим в таблиці 4.2.6 наведено аналіз конкуренції в галузі за кількома її складовими, для кожної з якої наведено висновки.

Таблиця 4.2.6 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

<i>Складові аналізу</i>	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
Висновки:	Існує 5 основних конкурентів на ринку	Можливості для входу на ринок наявні	Постачальники пристуні	Важливим для користувача є низька собівартість	Використання автоматизованих ліній складання
	Найбільш схожим за виконанням є конкуренти: ЗАТ «Цивільні літаки Сухого», Корпорація «Іркут»	Надане рішення спрощує та пришвидшує роботу спеціаліста.	Додаткових умов постачання обладнання дані фірми не висувають	Клієнти оформлюють замовлення виходячи із ТТХ, які їм потрібні	Менша собівартість товару

Відповідно до результатів аналізу пропозиції описаного продукту, наведеного у таблиці 4.2.6, визначено основні особливості конкуренції на ринку стартап-проекту та зазначено висновки щодо кожної зі складових проведеного аналізу для успішної конкуренції на ринку.

На основі аналізу конкуренції із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища (таблиці 4.2.5 та 4.2.6) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності, що наведено у таблиці 4.2.7.

Таблиця 4.2.7 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Низька собівартість	Складання літака на поточних автоматизованих лініях
2.	Можливість проходження ТО	ТО можливе проводити на заводі виробнику

Відповідно до результатів аналізу факторів конкурентоспроможності продукту, наведеного у таблиці 4.2.7, обґрунтовано головні фактори конкурентоспроможності.

На основі результатів аналізу зазначених вище факторів конкурентоспроможності даного стартап-проекту проведено аналіз сильних та слабких його сторін, результат якого надано в таблиці 4.2.8 за використання оцінки конкурентоспроможності за 20-бальною шкалою.

Таблиця 4.2.8 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ДП «АНТОНОВ»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Низька собівартість	20		+					
2.	Можливість ТО на заводі виробника	17		+					
3.	Автоматизована лінія складання літаків	10					+		

Відповідно до результатів аналізу сильних та слабких сторін проекту, наведеного вище та необхідного для виходу на ринок, було визначено, що

найбільшою перевагою стартап-проекту є його масштабованість та адаптивність.

Результати аналізу, що надані в таблиці 4.2.8, використано для проведення SWOT-аналізу, що є фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту. Результат SWOT-аналізу представлено у вигляді матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін стартап-проекту, зазначених в Таблиці 4.1.2, загроз (Troubles) з Таблиці 4.2.3 та можливостей (Opportunities) з Таблиці 4.2.4.

Таблиця 4.2.9 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: можливість випускати продукцію по мінімальним цінам	Слабкі сторони: перенасищеність ринку авіаперевезень пасажирськими літаками
Можливості: реклама, акцентування уваги на універсальності та достовірності, заохочення співробітників-конкурентів до зміни компанії	Загрози: перегляд виконання умов, що зменшують податки, поступове підвищення тарифів

На основі SWOT-аналізу розроблено альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Для визначених альтернатив виконано аналіз з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, результати якого наведено таблиці 4.2.10.

Таблиця 4.2.10 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1.	Витіснення слабких конкурентів з ринку	100%	6-12 місяців
2.	Перегляд податків	40%	невідомо

Відповідно до результатів аналізу з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, наведеного вище, для реалізації проекту доцільним є розглянути обидва варіанти, так як, один пункт доповнює другий, адже при менших податках і ціна на продукт буде значно меншою, що посприє швидшому заходу на ринок авіап перевезень.

4.3 ОЧІКУВАНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Ефективність прийнятих рішень та розробленої методики аналізу ринку, оцінки конкурентної спроможності виробу напряду залежить від рівня його якості, попиту на ринку, сильних та слабких сторін відносно продукції компаній-конкурентів. Сама авіаційна конструкція, будучи, за замовчуванням, конкурентоздатною, передбачає відповідність вимогам технологічності, яка у сукупності із застосовуваними засобами технологічного оснащення і формує технологічний облік виробу.

Використання сучасного автоматизованого обладнання, дозволить створювати якісний, конкурентноспроможний виріб, який відповідає високим вимогам операторів та експлуатантів авіаційної техніки на світовому ринку. Зменшення циклу виробництва, в зрівнянні з вітчизняним, дозволить дотримуватися високого темпу випуску продукції та вчасних поставок замовникам. Враховуючи широту технологічного переозброєння підприємства, затрати на виготовлення одного літака складатимуть близько

40-45 мільйонів доларів, при сумарних затратах на технологічне переоснащення близько 1 мільярда доларів. При середньому темпі виробництва в 4-5 літаків на місяць та чистому прибутку в 15 мільйонів доларів з одного літака окупність стартапу більш ніж задовольняє нинішній ситуації та складатиме приблизно 13-14 місяців.

Отже прогнозована ефективність стартап-проекту є дуже високою за сучасними мірками.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

В даному розділі дисертації був розроблений стартап-проект з запропонованою ідеєю та аналізом ринкових можливостей його запуску, проаналізована очікувана ефективність стартапу. В результаті теоретичних досліджень було виявлено його майбутня конкурентна здатність на світовому ринку, прогнозований строк окупності проекту, приблизна вартість виготовлення одного виробу та затрати на технологічне переоснащення.

ВИСНОВКИ

Розглянуто питання, пов'язані з впровадженням нової сучасної технології безстапельного складання агрегатів літаків, а саме фюзеляжів, на вітчизняних авіабудівних підприємствах.

Впровадження прогресивних технологічних процесів змінило методологію технологічної підготовки виробництва і призвело до необхідності технічного переозброєння виробництва. На жаль, на вітчизняних підприємствах досі використовуються застарілі технології, тому, з урахуванням цього фактору, було прийнято рішення проаналізувати можливість впровадження технології безстапельного складання. Проект покликаний показати рівень даних рішень по перспективних літаках для їх можливого впровадження і використання на українських авіаційних підприємствах. При цьому фінансування програми з боку держави прискорить цей процес.

Сучасний період розвитку авіаційної техніки характерний значним прискоренням темпів принципових змін і удосконалень конструкцій літальних апаратів, використанням високоефективних двигунів, різноманітних композиційних матеріалів та нового електронного бортового обладнання, тому створення літаків нового покоління (як військових, так і цивільних) ведеться із застосуванням сучасних методів автоматизованого тривимірного комп'ютерного проектування, прогресивних технологічних процесів, які передбачають наявність високотехнологічного обладнання.

Електронні моделі компонентів ЛА, технологічної оснастки для їх виготовлення, а також технологічних процесів дають можливість реалізувати програмне забезпечення на всіх етапах виробництва, включаючи складання та контроль геометричних параметрів. Такий підхід дає можливість виконання більш точної і якісної ув'язки конструкції (точність до 0,003 мм) і

дозволяє вносити конструктивні зміни не на реальній конструкції (вже під час її виготовлення), а на «віртуальній».

При складанні та стикуванні агрегатів, таких як фюзеляж, у вітчизняній практиці застосовується складальне пристосування – стапель, або візок з ложементами. Складальною базою при цьому способі базування є робочі поверхні обводоутворюючих елементів стапеля (візка), які еквідистантні теоретичному контуру обшивки агрегату (відсіку, панелі, секції). При такому базуванні, точність виконання зовнішнього контуру агрегату складає 0,4...0,5 мм; сама ж похибка складання визначається точністю виготовлення рубильника (ложемента) і точністю установки його в стапелі (на візку). Ніякі інші похибки (похибки обшивки, деформування елементів, температурні похибки) не впливатимуть на точність складання зовнішнього контуру. При складанні фюзеляжу іншим розповсюдженим способом, а саме по поверхні каркасу, точність обмежується вже 2,0...2,5 мм.

При використанні таких стапельів та (або) візків, цикл виробництва літака сягає 6...12 місяців, а окремі операції можуть займати до 20 робочих змін, що пояснюється використанням переважно ручної праці, застарілого механізованого інструменту, архаїчних метрологічних засобів контролю геометричних параметрів і точності, необхідності несистемного періодичного доопрацювання по місцю і т.д.

На передових сучасних підприємствах операції, які на вітчизняному виробництві тривають 20 робочих змін, займають всього 8 годин, за рахунок автоматизації та використання високоточних засобів технологічного оснащення. Прикладами можуть слугувати складання каркасу підлоги пасажирського літака, кесону крила та ін..

На арені сучасного ринку авіаційної техніки, літак, виготовлений з застосуванням застарілого обладнання, не витримує ніякої конкуренції і свідомо приречений на провал. Необхідність технічного переоснащення підприємства є запорукою відповідності вітчизняних авіабудівних підприємств світовим стандартам. Щодо фюзеляжу літака, то розглядається

впровадження технології безстапельного складання та стикування його відсіків із застосуванням сучасного автоматизованого обладнання.

При такому способі використовується автоматизоване обладнання, відмінне від стапеля. Базування відбувається по поверхні каркасу: спочатку встановлюються шпангоути та стрингери, а потім до них кріпиться обшивка, при цьому фактично не контролюється отримуваний зовнішній контур. Такий метод дає достатню точність та значно скорочує цикл виробництва. Трудомісткість складання, у порівнянні зі стапельним методом, на 40% менша.

Дана технологія базується на використанні CAD/CAM/CAE-систем, з яких, в якості бази для визначення положення агрегату в просторі цеху, використовуються 3D-моделі деталей, вузлів, інших складових частин апарату. Для контролю геометричних параметрів, точності позиціонування та базування застосовуються лазерні трекери, які виконують сканування складального оснащення та поверхні об'єкту, порівнюючи отримані дані з відповідною CAD-моделлю.

Застосування сучасних засобів технологічного оснащення дозволяє забезпечити необхідний рівень якості, а також полегшити виконання складальних операцій для робітників.

Прогнозуючи результат застосування описаних змін, цикл виробництва з таким обладнанням можна зменшити в 5 разів, у порівнянні з вітчизняним, за рахунок впровадженої автоматизації складальних та стикувальних процесів.

Собівартість сучасного ЛА напряму залежить від рівня технології, за якою він створюється. Сама авіаційна конструкція, будучи, за замовчуванням, конкурентоздатною, передбачає відповідність вимогам технологічності, яка у сукупності із застосовуваними засобами технологічного оснащення і формує технологічний облік виробу. І якщо потужний і талановитий кадровий потенціал авіаційного підприємства існує

(створений або збережений), то необхідною умовою його плідної роботи є відповідний техніко-технологічний потенціал.

Результати дисертації:

Апробовані на науково-практичній конференції студентів та молодих вчених "Авіа-ракетобудування: Перспективи та напрямки розвитку" з публікацією тез.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Абибов, Б. А.** Технология самолётостроения : учеб. пособие / Б. А. Абибов. – М. : Машиностроение, 1982. – 551 с.
2. **Братухин, А. Г.** Приоритеты авиационных технологий : в 2 т. / А. Г. Братухин. – М. : Изд-во МАИ, 2004. – Т. 1 – 2.
3. **Гусева, Р. И.** Технологические процессы сборки планера самолёта : учеб. пособие / Р. И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2010. – 149 с.
4. **Гусева, Р. И.** Теоретические основы сборки самолета : учеб. пособие / Р. И. Гусева, А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2005. – 96 с.
5. **Пекарш, А. И.** Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов. – М. : Аграф-пресс, 2006. – 304 с.
6. **Иванов, Ю. Л.** Современные технологические процессы сборки планера самолета / Ю. Л. Иванов. – М. : Машиностроение, 1999. – 304 с.
7. **Бабушкин, А. И.** Методы сборки самолетных конструкций / А. И. Бабушкин. – М. : Машиностроение, 1985. – 278 с.
8. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / Б. Н. Марьин, В. Ф. Кузьмин, А. И. Пекарш [и др.]. – М. : Аграф-пресс, 2006. – 304 с.
9. **Бабушкин, А. И.** Моделирование и оптимизация сборки летательных аппаратов / А. И. Бабушкин. – М. : Машиностроение, 1990. – 248 с.
10. Технология сборки самолетов : учеб. для студентов авиационных специальностей вузов / В. И. Ершов, В. В. Павлов, М. Ф. Каширин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 456 с.
11. Современные технологии авиастроения : производственное изд. / А. Г. Братухин, Ю. Л. Иванов, Б. Н. Марьин [и др.]. – М. : Машинострое-

ние, 1999. – 832 с.

12. Технологическое обеспечение аэродинамических обводов современного самолета / Б. Н. Марьин, В. И. Меркулов, В. Ф. Кузьмин [и др.]. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 432 с.

13. Основы авиа- и ракетостроения : учеб. пособие для вузов / А. С. Чумадин, В. И. Ершов, К. А. Марков [и др.]. – М. : Инфра-М, 2008. – 992 с.

14. Современные технологии авиастроения / коллектив авторов ; под ред. А. Г. Братухина, Ю. Л. Иванова. – М. : Машиностроение, 1999. – 532 с.

15. <http://www.boeing.com/>

16. <https://antonov.com/en>

17. <https://www.broetje-automation.de/>

18. <https://www.kuka.com/>